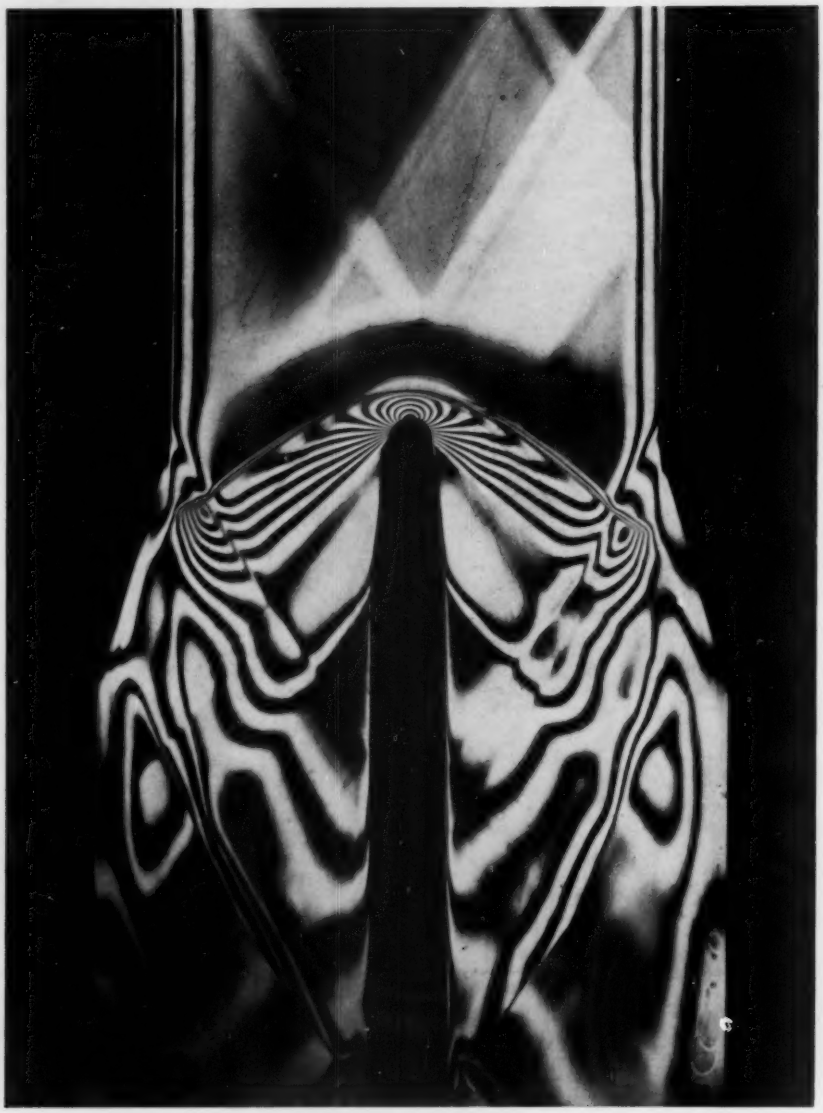
LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES

Franges d'interférence montrant les variations de l'indice de l'air dans une veine en régime supersonique au voisinage d'un obstacle *(Photo O.N.E.R.A.)*.

N° 3245 — Septembre 1955 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Pour le tri ropide des pièces de monnaie

Le National Bureau of Standards de Washington a mis au point une machine, destinée au Trésor américain, pour le tri et le pesage des pièces de monnaie à la cadence de 300 par minute. Une pièce « étalon » et les milliers de pièces à vérifier sont introduites dans l'élément essentiel de cette machine, un volant tournant à 3 000 t/mn ; lorsque le poids d'une pièce n'équilibre pas celui de la pièce étalon, le volant vibre et des instruments sensibles indiquent, par la mesure de la vibration, l'excès ou le défaut de poids de la pièce. Chaque pièce contrôlée est ensuite éjectée dans l'un des trois compartiments correspondant aux pièces normales, trop légères et trop lourdes.

* * *

M. Roger Heim, membre de l'Institut, directeur du Muséum de Paris, président de l'Union internationale pour la protection de la nature, et M. Jean-Paul Harroy, ancien secrétaire général de l'Union, viennent d'obtenir la médaille d'or Geoffroy Saint-Hilaire en reconnaissance des efforts et de l'œuvre qu'ils ont consacrés à la protection de la nature.

* * *

Une usine de traitement de minerais de titane et de zircone a été construite en Afrique Occidentale française à Djiféré, à environ 40 km de Joal, au nord de l'embouchure du Saloum, pour traiter les sables de la côte du Sénéral riches en ilménite et zircon. Elle est équipée pour traiter environ 60 000 t de sables par an, qui produiront d'une part 30 000 t d'ilmenite et 2 000 t de rutile, d'autre part 4 000 t de zircon.

* * *

Des communications faites au 9e Congrès de Métallurgie des Etats-Unis préconisent l'emploi du molybdène pour les revêtements d'avions à grande vitesse. Ce métal serait capable de supporter des températures allant jusqu'à 800° C.

* * *

Une boulangerie industrielle de Belleville (New-Jersey), travaillant en continu, fabrique environ un pain par seconde.

SOMMAIRE

LES VOYAGES DES VIKINGS EN AMÉRIQUE AVANT COLOMB

IMPORTANCE ET ACTUALITÉ DE L'HISTOIRE DES SCIENCES

LES PROGRÈS DU MAGNÉSIUM

LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES (2)

TUBES ET CANALISATIONS EN MATIÈRES PLASTIQUES

ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE ET EAU LOURDE EN NOUVELLE-ZÉLANDE

ESPACE VITAL ET TERRITOIRE CHEZ LES REPTILES

L'ÉLECTRIFICATION DES HOUILLÈRES

LE PROCÉDÉ KACHKAROFF POUR L'ACIDE SULFURIQUE

LE CAMEROUN BRITANNIQUE

OISEAUX AMÉRICAINS EN EUROPE

LE S.E. 210 CARAVELLE

L'utilisation industrielle du Yucca

Le yucca est une liliacée américaine tropicale, qui s'acclimate en Europe méditerranéenne et tempérée. Sa fibre peut être utilisée dans la tapisserie et peut également remplacer les fils de chanvre dans de nombreux usages ; la filature d'État de Szeged (Hongrie) vient de mettre au point des procédés de fabrication industrielle, annonce la revue *L'Industrie textile*. Les avantages de l'emploi de la fibre de yucca proviennent surtout de ce que la plante pousse facilement sur des terres qui ne se prêtent pas à la culture du lin et du chanvre.

* * *

Le premier Congrès International de documentation en Chimie appliquée se tiendra du 23 au 25 novembre 1955 à Londres, sous le patronage de l'Union internationale de Chimie pure et appliquée et de la Society of Chemical Industry.

Nouvelles usines textiles en Asie du Sud-Est

Une usine de fibres artificielles sera prochainement construite près de Bombay, aux Indes, avec l'assistance technique d'une firme italienne (coût total : 89 millions de roupies). D'autre part, une nouvelle filature de coton a été mise en service à Sian, en Chine du nord-est ; une autre est en chantier actuellement. Le gouvernement de Pékin a promis son aide à la Birmanie en vue de l'édification d'usines textiles. Enfin, à Saïgon commence à fonctionner une filature-filterie dotée de 15 000 broches. L'Asie, cliente traditionnelle de l'Europe en ce qui concerne les produits textiles, est en voie de s'industrialiser rapidement.

* * *

La dernière centrale thermique de Gallatin, installée dans le cadre de la « Tennessee Valley Authority » comportera deux turbo-alternateurs qui auront la plus grande puissance unitaire atteinte jusqu'à ce jour : 250 000 W. Les turbines fonctionneront avec de la vapeur sous 140 kg/cm² de pression et à une température de 565° C.

* * *

Une huile à base de silicones (« Refractasil »), possédant des propriétés physiques et optiques très voisines de celles des films cinématographiques, a été mise au point par la General Electric Company (U.S.A.) pour éliminer les rayures sur les films petit format destinés à l'agrandissement : ces rayures dispersent en effet la lumière et conduisent à des agrandissements plus ou moins défectueux. Le Refractasil serait très supérieur à la glycérine, actuellement employée pour le même usage.

* * *

Un projet de loi tendant à établir une monnaie basée sur le système décimal va être prochainement soumis au Parlement de l'Inde, prélude à l'adoption du système métrique des poids et mesures.

* * *

La Fédération mondiale pour la protection des animaux, créée en 1950 à La Haye, va établir son siège central dans cette ville.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955

France et Union fre : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg : un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

« La Nature » se réserve l'exclusivité des articles publiés et de leurs illustrations. Aucune reproduction, traduction ou adaptation ne peut être publiée sans l'autorisation expresse de l'éditeur.

N° 3245 Septembre 1955

LA NATURE

Les voyages des Vikings
en Amérique du Nord avant Colomb

Fig. 1 et 2. — *Près de Julianehaab (Groenland) : vestiges de l'ancienne civilisation scandinave.*
A gauche : ce qui reste de la maison d'Eric le Rouge. *A droite :* un tombeau d'évêque dégagé dans les ruines de la cathédrale de Gardar.
(Photos aimablement communiquées par le Musée National de Copenhague).

RÉCEMMENT, le problème de la découverte du continent américain par des Scandinaves bien avant Christophe Colomb a été de nouveau soulevé dans un important ouvrage de Paul Hermann [1]. Nous nous proposons de faire ici le point de la question en étudiant les deux sortes de témoignages que nous possédons sur les voyages des Vikings dans le Nouveau-Monde : documents littéraires et documents archéologiques.

Les traditions littéraires. — Tout un ensemble de traditions littéraires scandinaves mentionnent la découverte de terres nouvelles très vastes au sud-ouest du Groenland.

Parmi les ouvrages traitant de ces découvertes, citons la *Saga d'Eric le Rouge* (Eirikr hinn Raudi Thorvalsson), le *Conte des Groenlandais* contenu dans le livre de Flatey, la *Gesta Hammaburgensis Ecclesiæ Pontificum* d'Adam de Brème, écrite vers 1070 et dont on détache une partie sous le nom de *Descriptio insularum Aquilonis* (l'informateur d'Adam de Brème était Svein Estridson, roi de Danemark). D'autres mentions de ces pays sont contenues dans le *Libellus Islandorum* (1120) d'Ari Frodi, dans la *Eyrbyggia Saga* (1250), dans la *Gretti Saga* (1290).

1. *L'Homme à la découverte du monde*, par Paul HERRMANN. Trad. de l'allemand par R. JOUAN et MAX ROTH. 1 vol in-8°, 525 p., 30 cartes, 31 fig. hors texte. Plon, Paris, 1954. Prix : 1 230 F. Voir aussi notamment : *Early North Visits to America*, par W. H. BABCOCK, 1914.

Sur la découverte elle-même, deux versions différentes nous sont données. La *Saga d'Eric le Rouge* attribue la découverte du nouveau pays à Leif Ericson ; le *Conte des Groenlandais*, au contraire, la considère comme le fait de Bjarni Herjolfsson.

Dans l'ensemble, la version de la Saga, qui est antérieure, est plus digne de foi. Mais la seconde, on l'admet généralement, contient parmi ses nombreux détails supplémentaires, des éléments sans doute authentiques, négligés par la Saga.

Le Groenland qui servit de relais sur cette route nous est fort bien connu à cette époque. Il fut découvert et reconnu de 982 à 985 par Eric le Rouge, parti d'Islande et qui y fonda les premiers établissements vikings en 985. Bientôt ceux-ci se développèrent et constituèrent deux groupes. A la pointe sud se situait le groupe principal ou *Osterbygd*, au début composé de 190 fermes et qui depuis 1126 comprit la résidence, à Gardar, de l'Évêque du Groenland. A son apogée ce groupe comprenait douze églises et un monastère. Sur la côte ouest le deuxième groupe, le *Vesterbygd*, comprenait 90 fermes à l'origine ; il disposait de quatre églises.

On évalue à 3 000 le nombre maximum d'habitants de ces colonies vers le XIIe siècle. République à peu près autonome jusqu'en 1261, les établissements du Groenland prêtèrent ensuite serment d'allégeance au roi de Norvège. Le commerce, assuré par le voyage annuel d'un navire entre le Groenland et la Nor-

vège, devint un monopole de la couronne norvégienne. Peu à peu, les relations se firent moins fréquentes et on nous dit que le dernier vaisseau venu du Groenland toucha la Norvège en 1410. On a de bonnes raisons de penser que des navires de pêche continuèrent de loin en loin à toucher la côte de plus en plus déserte du Groenland.

La disparition de cette population groenlandaise est un problème resté obscur. Y eut-il extermination par les Esquimaux ? Il ne semble pas. Les premiers colons disent avoir rencontré des Skraelings, mot qui peut se tarduire par « fée » ou « elfe », mais ils ne mentionnent les premiers contacts avec les Esquimaux que très au nord de leurs établissements. Ces Esquimaux paraissent avoir été en cours de lente migration vers le sud. On croit plutôt que la colonie dépérissait lentement pour des raisons commerciales et peut-être climatiques (refroidissement du climat au XVe siècle ?). Le nombre des colons devait diminuer beaucoup depuis le maximum de 3 000 au XIIe siècle, puisqu'en 1377 l'évêque quitta sa résidence de Gardar pour rentrer en Norvège. Chose curieuse, nous trouvons dans ce dernier pays, jusqu'en 1540, des personnages portant le titre d'évêques du Groenland.

L'inspection des nécropoles nombreuses parmi les ruines de ces premiers établissements ne révèle pas d'extermination subite mais une dégénérescence progressive. Cet examen montre que la proportion des malformations, des très petites tailles, des ossements d'enfants et d'adolescents augmenta sans cesse. On a voulu en trouver la raison dans les mariages consanguins; on a invoqué avec plus de vraisemblance une vie de plus en plus difficile et précaire. Vers le milieu du XVe siècle, les derniers Groenlandais blancs disparaissaient et les Esquimaux que trouvèrent les fondateurs des premiers établissements modernes en 1721 ne présentaient aucune trace de métissage.

Cependant le problème du *Vinland*, c'est-à-dire du continent américain proprement dit, n'est pas moins curieux. Il n'y a aucun doute sur l'authenticité de sa découverte, mais dans ce cas il n'y eut pas fondation d'établissements et les renseignements sont donc moins abondants.

Fig. 3. — *Les établissements des Vikings au Groenland et le « Vinland ».*
En trait interrompu, l'itinéraire de l'expédition de Thorfinn Karlsefni. Près du Mississipi, le site de la pierre de Kensington.

L'expédition de Thorfinn Karlsefni (1002). — En 999, le fils d'Eric le Rouge, Leif Ericson, alla rendre visite au roi de Norvège. Celui-ci le chargea d'évangéliser les colons du Groenland. Dans son voyage vers l'ouest, Leif fut déporté par des vents contraires bien au sud du Groenland et il aborda dans un pays où il trouva des vignes et du blé sauvages. Un bois appelé par lui *mösur* y poussait en abondance. Leif prit des échantillons de ces végétaux et retourna à Ericsfjord, au Groenland.

La nouvelle de l'aventure fut bientôt connue et une expédition s'organisa pour coloniser les nouvelles terres. Ce fut la fameuse expédition de Thorfinn Karlsefni de 1002 à 1007, connue surtout par le livre de Flatey (fig. 3). Elle mérite, par la précision des renseignements fournis, un plus large exposé.

De famille islandaise noble, Thorfinn avait en 1002 épousé au Groenland la veuve du fils d'Eric le Rouge, Thorstein. Son armada est composée de trois vaisseaux portant 160 personnes, dont quelques femmes. Il fait d'abord voile vers le nord-ouest (vers la terre de Baffin) puis il prend la direction du sud qu'il n'abandonnera plus.

La première terre qu'il rencontre est couverte de rochers; il l'appelle Helluland (de Hellur, grande pierre plate). A deux jours de voile vers le sud (300 km) les navires touchent à un pays boisé que l'on appelle Markland (mark, bois).

Après une autre navigation de deux jours, les Vikings rencontrent un cap où ils trouvent la carcasse d'un bateau naufragé et l'appellent Kialames (cap de la coque). Puis, passée une côte sablonneuse, le Wonderstrand, ils arrivent sur un rivage à baies très profondes et riche en raisins sauvages. Ils appellent le golfe principal le Straumfjord (golfe des courants).

Là, ils hivernent pendant l'hiver de 1003 à 1004, endurant de grandes privations. Alors naît le fils de Thorfinn, Snorri. Neuf des guerriers, impatients des misères supportées, s'en vont; leur embarcation sera poussée par les vents vers l'Irlande.

Au printemps, Thorfinn fait voile vers le sud « pendant très longtemps », jusqu'à l'endroit où coule vers la mer une rivière sortie d'un lac; il l'appelle Hop (côtes de la Nouvelle-Angleterre ?). Là, les Vikings décident de fixer leur établissement, construisent des huttes et passent l'hiver de 1004 à 1005.

Cependant, des indigènes à la peau sombre, d'aspect peu engageant, aux cheveux laids, aux grands yeux, aux joues larges (Indiens Micmacs peut-être) apparaissent sur des canots de peau. Ils commercent avec les visiteurs. Mais effrayés par un taureau que transportent les Vikings et peut-être mécontents des affaires traitées, ils disparaissent. Trois semaines après, ils reviennent pour combattre, sont écrasés, mais deux Vikings sont tués. On décide d'abandonner la colonie de Hop et l'expédition retourne au Straumfjord où elle passe l'hiver 1005-1006. Thorfinn revient ensuite passer deux mois à Hop, mais les dissensions s'accroissaient parmi ses compagnons, surtout à propos des femmes; et au printemps 1006 on décide d'abandonner la colonisation. Au retour par le Markland on capture deux enfants indigènes. Des deux navires qui restaient, l'un coule et la moitié de l'équipage périt; quant à Thorfinn, il revient sain et sauf au Groenland, puis en 1007 en Islande. Et c'est là que fut écrit le récit de ses exploits.

Après ce grand voyage, divers témoignages fragmentaires font entrevoir des relations assez suivies avec l'Amérique du Nord.

En 1121, l'évêque du Groenland, Eric, navigua vers le Vinland pour évangéliser ses habitants. On ne le revit jamais.

En 1347, une mention sèche, mais d'un grand intérêt, nous apprend l'arrivée en Islande d'un navire chargé de bois venu du Markland; il y avait donc un trafic commercial, ce qui suppose des relations assez régulières avec ces régions.

La disparition de la colonie du Groenland supprima le jalon nécessaire sur la route du Vinland et du Markland. Et la brume s'épaissit sur ces pays de plus en plus mal connus. Un savant

Fig. 4. — *Un navire viking au cours de son dégagement dans une tourbière de Suède.*

Ce bateau ponté est du type de ceux qu'ont utilisés les Scandinaves des alentours de l'an 1 000 pour leurs voyages transocéaniques. Celui-ci a servi de tombeau à un chef.

(Photos aimablement communiquées par l'Ambassade de Norvège).

Fig. 5 *(ci-dessous).* — ***Un navire viking restauré (Musée d'Oslo).***

Ce bateau, analogue à celui de la figure 2, a été trouvé à Oseberg (Norvège).

danois, Sophus Larsen, a essayé de prouver qu'en 1472 une expédition de Danois et Portugais dirigée par Didrik Rining et Pothorst refit le voyage d'Amérique du Nord. Mais les preuves sont de seconde main, les sources très tardives.

D'autres traditions assurent que quelques années avant 1492, Christophe Colomb fit un voyage en Islande où il entendit parler de ces terres et qu'il prit à son bord pour l'expédition décisive un marin irlandais de Galway qui aurait bien connu les mers du nord-ouest.

Les documents archéologiques. — Il est étonnant que les monuments archéologiques nous offrent moins de certitudes que les textes littéraires sur la découverte de l'Amérique par les Vikings. Tous prêtent à discussion et quand par hasard celle-ci a donné un résultat, c'est pour en récuser l'origine scandinave.

Près de Newport, dans la banlieue de Boston, dominant la baie de Narragansett, se trouve une tour appelée *Old stone Mill* (vieux moulin de pierre). C'est une tour cylindrique sans toit avec des arches ouvertes à la base. Les piliers encadrant ces arcs sont construits de pierres plates de forme irrégulière réunies par des joints de mortier. On a longtemps supposé que c'était le reste d'une église viking; on la datait de 1008! Mais un examen plus attentif révéla des insignes de la Franc-Maçonnerie sur une pierre proéminente au sommet des murs. Les documents d'archives, la tradition et un examen critique donnent à penser maintenant que l'on se trouve devant les restes d'un vieux moulin construit par Bénédict Arnold. Celui-ci fut gouverneur du Massachusetts de 1663 à 1666, puis de 1669 à 1672.

D'autres découvertes dans la même région sont trop imprécises, telle en 1853 la découverte par un certain Francis A. Paine, à 1,50 m de profondeur en creusant une cave pour sa maison, d'un sol artificiel de terre battue composé de limon tourbeux et de sable blanc.

Plus récemment, en 1952, l'espoir d'une découverte décisive s'évanouit en deux jours. Sur la côte nord du Cap Cod, à Follins Pond, près de Dennins, on croyait avoir localisé le site probable où les « Knorrs », navires de Leif Ericson, avaient touché terre. On avait découvert des trous profonds dans des pierres proches de cette petite baie (voir plus loin la question des pierres-ancres).

Le 10 mai 1952, la première journée de fouilles donna des résultats émouvants : on découvrit une série de poteaux de bois

Fig. 6. — *Ruines de l'église de Hvalsey, près de Julianehaab.*
Église bâtie par les colons scandinaves du Groenland.
(Photo Musée national de Copenhague).

sur une ligne longue de 20 m; ils étaient flanqués d'une série de pièces de bois incurvées, les restes d'une carène sans aucun doute. Parmi les débris, un grand morceau d'une large hache de fer et une pointe du même métal longue de 10 cm. On examina au compteur Geiger les morceaux de bois pour en mesurer la teneur en carbone 14; le résultat leur donna à peine deux siècles; quant aux outils de métal, on constata qu'ils étaient analogues à ceux en usage au XVIIIe siècle parmi les colons de Nouvelle-Angleterre. Tout cela ne ruine d'ailleurs pas l'espoir de trouver un jour des débris authentiquement scandinaves.

C'est à 1 500 km ou presque à l'ouest qu'il faut chercher des documents archéologiques plus sérieux.

Sur la frontière nord-ouest du Minnesota, non loin du North Dakota, au bord du Big Cormorant Lake, on voit trois grands rochers de granit présentant chacun un trou de 22 cm de profondeur et de 2,5 cm de largeur. Détail à noter, ces rocs ne sont pas sur le rivage actuel, mais à 100 m de là sur la ligne d'un rivage plus ancien. Or, actuellement, les pêcheurs norvégiens attachent encore leurs embarcations à de grosses pierres percées d'un trou. Il est difficile d'attribuer ce travail aux colons scandinaves de la fin du XIXe siècle, étant donnée la distance entre le bord actuel du lac et les rochers.

Fig. 7. — *Costume viking du Moyen Age (Musée de Varberg).*
Ce costume a été retiré d'une tourbière de Suède ; d'autres, similaires, ont été trouvés dans des tombes, au Groenland, conservés par le froid.
(Photo Office national du tourisme suédois).

La pierre de Kensington. — A 100 km au sud du site précédent, à Salem, près de la petite ville de Kensington, le fermier Olof Ohman trouva en août 1898 une pierre de 80 cm de haut, 40 cm de large, 15 cm d'épaisseur, gravée d'une longue inscription runique. Des archéologues, s'appuyant sur les circonstances de la découverte et l'âge probable du travail, sont en faveur de l'authenticité, alors que le texte soulève les critiques des linguistes (fig. 8).

Voici la traduction de l'inscription runique :

8 Goths (Suédois du Sud) et 22 Norvégiens en voyage de découverte depuis le Vinland vers l'Ouest. Nous avions un camp près de deux îles rocheuses (Skerries) *à quelques journées de marche au Nord de cette pierre. Nous nous mîmes* (en route) *pour pêcher un jour. Quand nous revînmes, nous trouvâmes 10* (de nos) *compagnons rouges de sang et morts.*

A V M (Ave Virgo Maria) *sauve du péril.*

Trois autres lignes sont écrites sur le côté vertical de 15 cm d'épaisseur :

Avons dix de nos marins au bord de la mer pour veiller sur nos bateaux, à 14 journées de marche de cette île. Année 1362.

En faveur de l'authenticité, on peut souligner qu'Olaf Ohman et Nils Flaten son voisin, et quatre autres témoins, ont affirmé sous serment avoir trouvé la pierre enserrée entre les racines d'un tremble vieux de 70 ans environ. Les racines étaient aplaties le long de la pierre. La pierre se trouvait donc là depuis 1830 au moins.

Or, à cette époque, aucun Blanc ne se trouvait dans ce pays et sûrement aucun Blanc capable de graver des runes. Le pre-

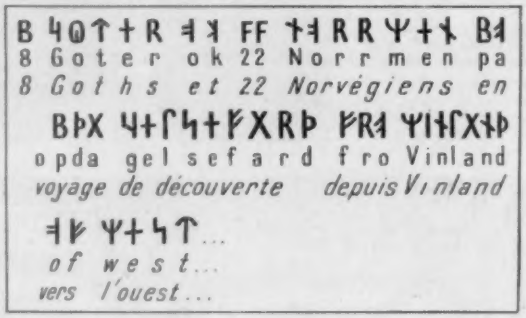


Fig. 8. — *Début de l'inscription sur la pierre de Kensington.*
On note des différences avec l'alphabet runique primitif.

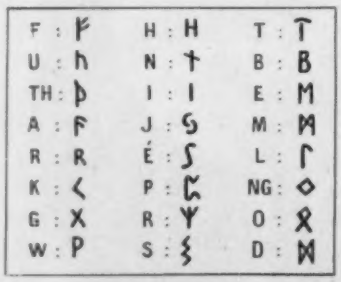


Fig. 9. — *Lettres de l'alphabet runique.*
Nous représentons les trois *aett* ou groupes de huit lettres de l'alphabet runique primitif (ce groupement des lettres aurait une origine mystique). Cet alphabet semble avoir été imaginé au IIIe siècle de notre ère dans le sud-est de l'Europe. Les Goths l'ont tout simplement dérivé des alphabets grec et latin, car ils étaient en contact sur le Danube avec des populations de langue grecque à l'est, latine à l'ouest, la limite du grec et du latin étant voisine à l'époque du tracé actuel de la frontière bulgaro-yougoslave. Une théorie plus récente de Marstrander, très discutée, veut que l'alphabet runique soit un alphabet nord-étrusque influencé par le latin. Il aurait passé des Étrusques aux Celtes des Alpes et de là aux Marcomans de Bavière et de Bohême. L'alphabet runique a beaucoup évolué au cours de sa longue existence. Gagnant les peuples germaniques du Nord du IVe au VIe siècle, il s'est maintenu dans l'usage courant jusqu'au XVIIe dans certaines régions de Suède. On l'utilisait encore exceptionnellement à la fin du XIXe siècle. La forme des lettres elle-même a beaucoup évolué avec le temps, comme on peut le constater sur les documents tels que celui de la figure 8.

mier colon scandinave ne s'est établi dans cette région qu'en 1867.

L'inscription, nous le verrons plus loin, dit que la pierre a été placée sur une île. Or, la pierre a été trouvée sur une colline environnée d'une plaine Récemment, les géologues ont prouvé que cette plaine est le fond d'un ancien lac d'où la hauteur émergeait comme une île.

Le falsificateur éventuel de la fin du XIXe siècle n'aurait pu savoir ce fait; il n'y a pas de lac à moins de 30 km actuellement. Olaf Ohman ni ses voisins n'étaient hommes, ni par science, ni par goût, à jouer les mystificateurs. Quand, en 1900, le professeur Breda, linguiste scandinave, eût récusé l'authenticité, le fermier mit tout simplement la pierre à la porte de sa grange pour servir de seuil; fort heureusement il la plaça la face gravée en dessous.

Des géologues ont également prouvé que les caractères gravés étaient vieux de 500 ans au moins; ils jugèrent impossible que la pierre ait subi un vieillissement artificiel.

Contre ces archéologues et ces géologues, l'immense majorité des linguistes ont toujours présenté de fortes objections fondées sur le texte et la langue. Il y a dans l'inscription des mots étonnamment proches de l'anglais. D'autre part, Suédois et Norvégiens du XIVe siècle n'ont jamais fait d'expédition commune, croyait-on.

Toutefois, un revirement important vient de se produire. Un expert danois, M. William Thalbitzer, qui considérait la pierre comme fausse, vient de changer d'avis et, dans un rapport à la Smithsonian Institution, il conclut non plus au refus mais au doute. On admet que, si mystification il y a, son auteur avait une connaissance extraordinaire des Runes du XIVe siècle (fig. 9 et 10).

M. Hjalmar R. Holland, qui depuis 1907 défend dans ses ouvrages, tels que *The Kensington Stone, A study in Precolumbian History*, la thèse de l'authenticité avec une passion contagieuse, semble marquer des points. La pierre, longtemps reléguée dans le petit musée d'Alexandria (Virginie), a été transférée le 17 février 1948 à la Smithsonian Institution à Washington. Et la jugeant de plus en plus précieuse on a remplacé le 25 février 1949 l'original montré jusque-là au public par une réplique de taille égale.

D'autres raisons ont contribué à ce revirement.

La langue de l'inscription qui était invoquée contre l'authenticité est maintenant mieux acceptée : elle semble correspondre assez bien au langage populaire norvégien du XIVe siècle : les rapports réciproques étaient très fréquents entre la Scandinavie et la côte est de l'Angleterre où longtemps le Scandinave fut en usage.

On a retrouvé, le long des rivières qui mènent du site de la trouvaille vers le nord, quantité de restes présumés scandinaves : haches, fers de lance.

L'expédition perdue de Paul Knutson (1355). — Enfin, depuis 20 ans, nous avons de nouvelles précisions sur une expédition envoyée en 1355 par le roi Magnus Erickson (roi de Norvège et Suède réunies) afin de sauver les derniers habitants de la côte ouest du Groenland.

La nouvelle parvint en 1348 que les habitants du Vesterbygd l'avaient abandonné pour une cause inconnue et on ne savait ce qu'ils étaient devenus. Peut-être avaient-ils gagné le Vinland. Le roi Magnus Erickson confia au « juge » Knutson une expédition afin de les retrouver.

On a retrouvé vers 1930 l'acte royal ordonnant l'entreprise; en voici le texte :

Magnus par la grâce de Dieu, roi de Norvège, Suède et Skaane, envoie à tous ceux qui verront ou entendront cette lettre (ses vœux de) bonne santé et bonheur.

Nous désirons faire savoir que vous (Paul Knutson) *devez prendre les hommes qui monteront le Knorr* (vaisseau royal) *parmi ma garde du corps* (1) *et aussi parmi les gens que vous voulez engager pour le voyage, et que Paul Knutson qui commandera le Knorr aura toute autorité pour choisir les personnes les plus aptes, officiers ou hommes. Nous vous demandons d'accepter ceci, notre ordre, avec une réelle bonne volonté pour cette cause, car nous faisons ceci en l'honneur de Dieu et pour notre âme, et pour celle de nos prédécesseurs qui ont établi la chrétienté au Groenland et l'ont maintenue jusqu'à présent; et nous ne la laisserons pas périr en ce moment. Tenez ceci pour vrai, que quiconque défie cet ordre, le nôtre, encourra notre déplaisir et recevra donc punition entière.*

Fait à Bergen, le lundi après le jour de Simon et Jude dans la 36e année de notre règne (1354). *Par Orm Ostenson, notre régisseur, scellé.*

L'expédition partit au printemps 1355 et jamais plus on n'en entendit parler.

Il est impossible qu'un mystificateur du XIXe siècle, inscrivant la date de 1362, ait pu savoir que précisément une expédition norvégienne était partie pour l'ouest en 1355. Les hommes de Paul Knutson sont-ils les auteurs de l'inscription ? Le délai de sept ans n'a rien d'excessif, étant donné la longueur et les hasards du voyage.

Fig. 10. — *Pierre runique du XIe siècle à Enköping (Suède).*
On remarque sur le pourtour et sur le cou de l'animal un texte en caractères runiques. Ces caractères ont notablement évolué en comparaison des caractères primitifs.
(Photo obligeamment communiquée par l'Office du Tourisme suédois).

1. Cette garde comprenait à la fois de jeunes nobles norvégiens et suédois, ce qui expliquerait la mention des deux nationalités dans l'inscription de Kensington.

Enfin, voici une curieuse histoire, dans laquelle certains ont voulu trouver des lumières sur le sort des trente hommes de Paul Knutson (mais ici nous sommes sur un terrain très mouvant). En 1738, l'explorateur français Pierre de la Vérendrye dit avoir trouvé dans la région qui nous intéresse une tribu d'Indiens, les Mandans, d'aspect extraordinaire. Beaucoup d'entre eux étaient blonds; ils savaient cultiver le blé, fait unique chez les Indiens d'Amérique du Nord; ils connaissaient, paraît-il, beaucoup de passages de la Bible; enfin, seule tribu aussi experte, ils entouraient leurs villages de levées de terre analogues aux mottes féodales. La Vérendrye trouva même une pierre couverte d'inscriptions indéchiffrables, l'envoya en France; les savants conclurent que c'était du Tartare; ne pouvant en percer le sens, ils la négligèrent et on perdit sa trace. La vérité de ces fables ne peut être vérifiée, car les derniers Mandans ont disparu il y a 60 ans, enlevés par la petite vérole.

⁂

Ainsi, pourvus sur les voyages Vikings d'éléments d'information nombreux, mais souvent fragiles, nous ne pouvons trancher. Même si nous admettions la réalité de cette découverte précolombienne de l'Amérique, il ne faudrait pas en exagérer l'importance. Il semble que les Scandinaves ont considéré le Vinland, nom général de ces terres, comme un groupe d'îles et non comme un continent.

Ils n'ont pu soupçonner l'immensité des ressources et des possibilités de ces terres nouvelles. La vraie découverte reste celle dont les suites ont bouleversé le monde.

J. L. Fleuriot,
Agrégé de l'Université.

Importance et actualité de l'Histoire des Sciences

De notre nemps, la science prend une telle ampleur et une telle diversité, elle travaille dans des domaines si nouveaux avec un tel effort de spécialisation qu'on peut penser qu'elle a rompu définitivement avec son passé. Dans ces conditions, l'histoire des sciences risque de devenir une simple archéologie de l'esprit scientifique. Le savant n'est plus un chercheur isolé. Il a pris sa culture dans des écoles fortement constituées. Il est placé devant les problèmes de l'heure, devant les problèmes posés par une société scientifique bien organisée. Dans son laboratoire, le chercheur se trouve devant des tâches précises, des tâches impliquées dans une technique qui peut sans doute être perfectionnée mais qui a fait ses preuves d'efficacité. L'histoire d'un laboratoire n'est plus qu'un catalogue des pièces d'un musée. Si le savant jette un coup d'œil sur un livre un peu ancien, il est frappé du caractère naïf des vues générales, du manque de liaison des problèmes envisagés. La pensée scientifique n'a pas, dans ces vieux ouvrages, la tension qui caractérise la pensée scientifique de notre temps. Pour le savant d'un laboratoire moderne, le passé un peu lointain apparaît donc comme révolu. Il n'a pas besoin, croit-il, de remonter au delà des révolutions décisives. Son besoin de modernité est tel qu'il part des toutes dernières réformes. En fait, tous les livres où le chercheur a pris sa culture — même les livres élémentaires — partent d'une organisation *logique* du savoir. Il ne suffit plus de décrire. Il faut *démontrer*. Bref, l'idéal de la pensée scientifique moderne est de s'installer comme une pensée logique, comme une pensée qui refuse, par principe, l'histoire. Un raisonnement scientifique a sa force dans son actualité.

Mais la logique elle-même ne se pose pas vraiment dans l'absolu de ses décrets. Comme toute chose humaine, elle s'acquiert. Comme toute chose humaine, la progressive intervention des organisations logiques dans la pensée scientifique a une histoire. Et finalement le véritable axe de l'histoire des sciences, l'axe que l'historien des sciences doit dégager de l'empirisme préalable, est l'axe le long duquel s'augmente la *rationalité du savoir*. Plus loin, j'indiquerai pourquoi cette rationalité progressive est ce qui fait l'importance majeure de l'histoire des sciences pour une culture scientifique.

⁂

Mais voyons d'abord le rôle utile que pourrait jouer l'histoire des sciences dans une pédagogie bien conduite de la culture scientifique.

La science consiste à introduire l'ordre des raisons dans l'expérience. Or, psychologiquement parlant, l'ordre des raisons n'est pas immédiat. Ce qui est immédiat dans notre appréhension de la réalité, c'est bien plutôt l'erreur. Nous commençons par nous tromper. Il n'y a pas de vérités premières. Il n'y a que des erreur premières. Et l'histoire des sciences apparaît comme un immense chantier des errreurs rectifiées. Il y a des erreurs si naturelles qu'on les rencontre dans toute prise de culture. Il semble même que ces erreurs, il faut les avoir faites pour bien comprendre le sens et la portée d'une découverte, pour participer en quelque manière à la dynamique psychologique de l'invention. Ainsi le professeur doit réaliser dans l'enseignement d'une science une sorte de psychanalyse qui redresse des erreurs naturelles. L'histoire des sciences donne, à elle seule, au pédagogue des exemples innombrables de cette psychanalyse. Dans un livre sur *La formation de l'esprit scientifique* qui a précisément pour sous-titre *Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (1), j'ai essayé d'établir, avec des documents pris dans l'histoire des sciences, une classification des obstacles les plus communs qui entravent les progrès de la culture de la même manière qu'ils ont ralenti le mouvement de l'histoire.

Dès qu'on nourrit un enseignement des sciences en se référant aux difficultés psychologiques dont on trouve la trace dans l'histoire, l'enseignement des sciences perd ce dogmatisme qui rebute tant de jeunes esprits Par l'histoire des sciences, la science s'humanise. Si l'expression *les humanités scientifiques*, qu'on emploie souvent sans profondeur, doit prendre une valeur, elle ne le peut que par une connaissance approfondie de l'histoire des sciences en découvrant que l'histoire des sciences dégage un rameau du destin de l'homme.

Mais pour que l'histoire des sciences devienne, si l'on ose dire, tonique, en exigeant de l'esprit une rigueur dans la compréhension, il faut qu'elle dépasse la sphère de la simple curiosité et qu'elle atteigne vraiment à la sphère des intérêts scientifiques. Quand vient l'heure, pour une science, de la

1. *La formation de l'esprit scientifique; Contribution à une psychanalyse de l'esprit scientifique*, par Gaston Bachelard. J. Vrin, Paris, 1947

constitution rationnelle, on peut dire que les recherches de la simple curiosité prennent l'aspect d'une préhistoire.

Pour beaucoup de sciences modernes, cette préhistoire n'est pas très loin de nous. Par exemple, on peut dire que, pour une part, les nombreuses observations faites au XVIIe et au XVIIIe siècles sur l'électricité relèvent d'une préhistoire si on les compare aux travaux d'un Volta ou d'un Coulomb. Tout un siècle s'amuse à multiplier les expériences curieuses sur le mystérieux agent. Les étincelles et les décharges qui sortent de la bouteille de Leyde sont des spectacles dont on ne se lasse pas. On croit le plus communément que l'électricité est un principe de la vie, un fluide vital. L'être vivant, le corps humain, est ici un appareil d'étude. Les enquêtes biologiques sur l'électricité surclassent les travaux proprement physiques.

Dès lors, si l'on relit les nombreux livres où sont exposés, au XVIIIe siècle, les rapports de la vie et du fluide électrique, on doit reconnaître que ces ouvrages sont devenus inactifs. Ils relèvent d'une curiosité qui n'a pas la marque des intérêts proprement scientifiques. Il est donc naturel, si on les compare aux expériences qui sont restées dans la science, de dire que de nombreuses observations faites sur le fluide électrique au XVIIIe siècle constituent une préhistoire qu'il faut distinguer de l'histoire gardant une action sur la culture

Dans l'enseignement des ences comme dans l'histoire des sciences, il faut marquer l'étape décisive où les faits s'ordonnent en lois. L'histoire des sciences est donc nécessairement le récit de l'établissement d'une hiérarchie. Elle doit mettre en valeur les moments décisifs où l'empirisme est soudain dominé par le rationalisme, par un rationalisme actif puisqu'il saisit le principe des progrès du savoir.

*
* *

Mais ce n'est pas seulement dans l'enseignement que l'histoire des sciences trouve une actualité. La méditation de l'histoire peut être le facteur même des plus grandes découvertes. Par exemple, la mécanique ondulatoire est en quelque manière la convergence de deux lignes historiques très différentes. En voici le germe philosophique : puisque le phénomène photoélectrique interprété par Einstein comme un phénomène corpusculaire déterminait une dualité corpuscule-onde pour la lumière, Louis de Broglie, méditant deux siècles d'histoire, eut, dans une pensée de génie, la conviction qu'il fallait établir dans la mécanique une même dualité. A la mécanique du point matériel, il fallait adjoindre la mécanique des ondes matérielles. Une jonction était alors faite, au XXe siècle, entre le principe de Fermat énoncé au XVIIe siècle touchant la lumière et le principe de Maupertuis énoncé au XVIIIe siècle touchant le mouvement d'un point matériel. Si l'on ne parcourt pas les deux avenues de l'histoire de l'optique et de l'histoire de la mécanique, on ne comprend pas l'importance de la géniale synthèse opérée par Louis de Broglie.

Dans bien d'autres occasions, une sorte de polémique interne réanime les doctrines du passé au sein même de la recherche scientifique de notre temps. Il semble que par l'évolution des idées nous comprenions mieux les génies du passé que ne l'ont fait leurs contemporains. Il y a pourtant, dans cette compréhension, une mesure à prendre : il ne faut pas, en histoire des sciences, moderniser les génies du passé. Alexandre Koyré met en garde contre la tendance à désigner des auteurs anciens comme des précurseurs des idées modernes. Dans une note à sa traduction du livre de Copernic, Koyré écrit : « Rien n'a eu une influence plus néfaste sur l'histoire que la notion de précurseur. Envisager quelqu'un comme précurseur de quelqu'un d'autre, c'est, très certainement, s'interdire de le comprendre ». En somme, l'historien des sciences, en faisant le point de la rationalité progressive du savoir, doit conserver la pure historicité. C'est pourquoi l'histoire des sciences est difficile entre toutes et même, par un paradoxe curieux, plus on est avancé sur la ligne du savoir, plus l'histoire des sciences devient difficile.

L'histoire des sciences réclame un grand effort de psychologie puisqu'il faut y maintenir le double souci de dire les faits et de les désigner comme des étapes dans l'évolution des connaissances rationnelles. Dans une telle réussite psychologique, l'histoire des sciences est une science vivante, une science qui prend une actualité parce qu'elle donne la profondeur d'un passé médité à la découverte même d'une pensée qui réforme le passé.

*
* *

Enfin, du point de vue philosophique, l'histoire des sciences porte une marque qui la désigne comme une valeur humaine évidente : l'histoire des sciences est pensée comme un *progrès de pensée*. On n'écrit pas, en histoire des sciences, une histoire d'un déclin de pensée. Parfois, sans doute, un développement de pensée scientifique aboutit à une impasse. Mais l'échec même est un résultat qui suscite des tentatives nouvelles. Et dans son ensemble l'histoire des sciences décrit un progrès.

De notre temps, extérieurement à la science, reviennent sans cesse des objections péjoratives contre le progrès de la science. On répète sans fin que les progrès matériels réalisés grâce à la science ne déterminent pas nécessairement de progrès moraux. L'homme en devenant plus puissant ne devient pas meilleur. Il n'en reste pas moins que le progrès de pensée qui est le dynamisme évident que nous révèle l'histoire des sciences est une heureuse leçon. L'histoire des sciences a le privilège de nous donner un ensemble de valeurs humaines incontestables.

Au surplus, par ses biographies, l'histoire des sciences nous propose de véritables modèles de vie. Les grandes découvertes demandent des vies d'énergie et de courage, de sacrifices et de luttes. Qui resterait indifférent au récit de la vie d'un Galilée, à la tragique destinée d'un Évariste Galois, à l'austérité de l'existence d'un Gauss, à l'humanité d'un Pasteur ? La pensée scientifique a ses héros. Leur souvenir, leur image a sûrement une influence sur les vocations. En vénérant les héros du passé, l'histoire des sciences transmet aux jeunes générations cette chaleur d'âme nécessaire pour le progrès de l'esprit scientifique.

GASTON BACHELARD,
Membre de l'Institut,
Professeur à la Sorbonne,
Directeur de l'Institut d'Histoire des Sciences.

Une réserve naturelle en Écosse

La revue britannique *Nature* (n° 4421) signale la création d'une réserve naturelle dans les Highlands d'Écosse. La région choisie est celle des Cairngorms, au cœur des Monts Grampians. Ce district sauvage et inviolé est resté jusqu'à nos jours un des plus farouches et des plus élevés (1 300 m) des Iles britanniques.

La réserve prévue s'étendra finalement sur 40 000 acres, soit plus de 16 000 ha ; cette surface en fera la plus vaste réserve naturelle de Grande-Bretagne, et l'une des premières d'Europe. La vie sauvage doit être préservée dans toutes ses formes ; le camping, la chasse, la pêche, l'arrachage des plantes sont formellement interdits ; seule est tolérée la chasse aux animaux nuisibles. De nombreuses espèces animales seront sauvegardées, en particulier le cerf (en voie de disparition dans les Highlands) et les oiseaux de proie.

Des études vont être entreprises en vue d'observer l'écologie des oiseaux de montagne, l'aptitude des plantes à résister aux conditions de climat, et en vue de préciser nos connaissances sur la météorologie montagnarde en Écosse.

Un avion entièrement en magnésium symbolise les progrès de ce métal

La production industrielle du magnésium a débuté sur une échelle très réduite en 1863. Les emplois étaient alors limités aux rubans et aux poudres éclairantes. Ce n'est qu'en 1910 que la production d'alliages de magnésium fut annoncée en Allemagne. En 1915 elle débuta aux États-Unis. Actuellement, la consommation mondiale de magnésium, de l'ordre de 150 000 t métriques par année, est comparable à celle de l'étain ou du nickel.

La densité du magnésium n'est que de 1,73, soit 23 pour 100 de celle du fer, 64 pour 100 de celle de l'aluminium. Pour cette raison ce métal et ses alliages sont utilisés dans tous les cas où l'on recherche la légèreté.

Les premiers alliages commerciaux dénommés Elektron furent produits en Allemagne. Ils contiennent 83 à 97 pour 100 de magnésium, 1 à 5,5 pour 100 de zinc, 0,5 à 5 pour 100 d'aluminium, quelquefois un peu de cuivre et de manganèse. Leur point de fusion varie de 630° à 650° C.

Actuellement, l'industrie du magnésium offre toute une série d'alliages commerciaux. Les alliages magnésium-aluminium contiennent au moins 90 pour 100 de magnésium. Une formule spéciale à 54 pour 100 de Mg peut donner un très bon poli et être utilisée comme miroir. Le magnésium avec 8 à 12 pour 100 de cuivre a été employé pour les pistons de moteurs. Des alliages magnésium-cérium-zirconium résistent à des températures relativement élevées. Des alliages magnésium-zinc-zirconium sont réputés pour leur résistance mécanique. D'autres alliages contiennent du cadmium, du béryllium, etc. Dans le duralumin, le magnésium n'intervient que pour 0,5 à 1 pour 100 et agit comme durcissant.

Le développement du magnésium a été longtemps freiné pour deux raisons principales : sa faible tenue à la corrosion et son inflammabilité.

L'amélioration de sa résistance à la corrosion a suivi celle de la pureté du métal commercial. Il contenait à l'origine de petites quantités de fer, de plomb, de cuivre, de silicium, qui avaient une action défavorable. Par exemple, si le fer passe de 0,005 à 0,05 pour 100, le degré de corrosion dans l'eau salée s'élève de 30 à 100.

Quant aux risques d'inflammation, les techniques de fusion, de moulage et de laminage sont maintenant bien au point. On a remarqué que l'addition d'une quantité de lithium aussi faible que 0,001 pour 100 réduisait les dangers d'incendie.

La liste des applications du magnésium et de ses alliages s'allonge constamment. Par suite de leur légèreté, on les utilise régulièrement dans l'automobile et surtout dans l'aviation : pistons, carters, sièges, etc.; dans les appareils de photo et de cinéma, dans les appareils d'optique, les machines à écrire, etc.

Par suite de ses qualités sonores, le magnésium est sans rival pour une série de dispositifs acoustiques : diaphragmes, résonateurs pour trompes d'automobiles, amplificateurs de sons, etc.

Le magnésium est utilisé pour la protection cathodique des pine-lines et des canalisations enterrées.

Des malles et des valises en tôle de magnésium protégée par des matières plastiques sont fort pratiques pour les voyages en avion.

En photogravure, pour la préparation des clichés, les alliages de magnésium présentent des avantages certains sur le cuivre et le zinc. Ils sont bien adaptés au travail des machines à graver électroniques qui vont faire concurrence, dans un proche avenir, aux méthodes actuelles.

C'est surtout en aéronautique que les constructeurs accordent de nombreux avantages à l'emploi du magnésium et de ses alliages. Pesant un tiers de moins que l'aluminium, il permet des tôles et des pièces plus épaisses pour un même poids. On vient d'annoncer que la firme américaine Wright Air Development Center a mis au point le premier avion entièrement construit en magnésium.

Il est certain que la construction aéronautique fera, dans l'avenir, une consommation de plus en plus grande de ce métal.

Enfin, il faut citer pour mémoire l'emploi du magnésium comme désoxydant dans les industries chimiques et métallurgiques, son utilisation en pyrotechnie et en photographie et son aptitude à entrer en combinaison « organomagnésienne », suivant l'élégante méthode de synthèse de Grignard, qui a trouvé de nombreuses applications en chimie organique générale et industrielle.

L. P.

L'amélioration du coton

Le développement des textiles artificiels et synthétiques a conduit les industries des fibres naturelles à étudier les améliorations possibles des propriétés de leurs produits. C'est ainsi qu'une série de techniques diverses sont appliquées ou sont en cours d'essais sur le coton. Elles viennent compléter les anciennes méthodes telles que le mercerisage et le similisage.

On sait que l'effet Mercer ou mercerisage et le similisage procèdent d'une même méthode : l'action de lessives de soude caustique froides.

Le mercerisage est l'opération qui consiste à caustificer les fibres à l'état libre sans le concours d'une tension mécanique. Il donne de l'affinité au coton pour les matières colorantes substantives et augmente leur pouvoir absorbant.

Le similisage est également une caustification effectuée sur des fils ou des tissus à l'état tendu avec le concours d'un étirage mécanique simultané ou ultérieur à l'immersion. Il a pour but de donner aux fibres le maximum de brillant. Au microscope, les fibres de coton similisées sont translucides, le canal central a disparu plus complètement que dans les fibres simplement mercerisées.

Entre les deux opérations, il existe cette différence que dans le mercerisage proprement dit, c'est l'effet chimique que l'on recherche, tandis que dans le similisage, c'est l'effet physique qui est en vue.

Ces méthodes, avec parfois addition de composés divers aux lessives caustiques sont maintenant complétées par toute une série de nouvelles techniques :

L'acétylation partielle du coton par le moyen de l'anhydride acétique donne un produit plus résistant à la chaleur, aux moisissures et aux acides.

Le chromate de plomb dispersé dans une émulsion de résines synthétiques donne des tissus de teinte kaki de haute tenue au soleil.

L'emploi du nitrile acrylique donne des fibres résistant à la chaleur, aux micro-organismes et faciles à teindre. L'acide aminoéthylsulfurique et l'acide monochloroacétique élèvent leur affinité pour les colorants et leur tenue à la lumière et au blanchissage. Le phosphate de bromoalkylallyle et la méthylolamine les font résister à la flamme.

D'autre part des recherches sont poursuivies sur l'action de l'éthylamine liquide qui donnerait de la souplesse aux fibres de coton et sur celle de la propiolactone qui donnerait des teintures faciles et solides.

L. P.

LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES

2. FRANGES D'ÉGALE ÉPAISSEUR [1]

Généralités sur les interféromètres. — Si l'on met à part les franges de Young, qui ne sont utilisées que dans un petit nombre d'appareils, la plupart des interféromètres séparent le faisceau incident en deux parties au moyen d'un miroir semi-transparent appelé lame séparatrice; après réflexion sur d'autres miroirs, les deux parties du faisceau sont recombinées et interfèrent. Le système le plus simple comporte une séparatrice et un miroir approximativement parallèles. Si la distance de ces deux lames est d, et l'angle d'incidence i, la différence de marche entre les deux faisceaux, facile à calculer, est $D = 2\,d \cos i$ (fig. 1).

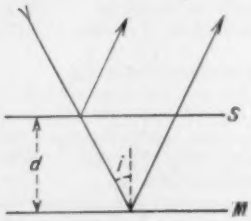


Fig. 1. — *Différence de marche entre deux rayons réfléchis.*
Cette différence de marche D est le double produit de d, distance entre la lame séparatrice S et le miroir M, par le cosinus de l'angle d'incidence i ; $D = 2\,d \cos i$.

Si les deux lames sont rigoureusement planes et parallèles, leur distance d est uniforme, et la différence de marche D ne dépend que de cos i, c'est-à-dire de l'inclinaison des rayons. Les interférences obtenues dans ces conditions dessinent donc des *franges d'égale inclinaison*; ces franges seront décrites dans la 3e partie.

Si l'angle d'incidence est constant, la différence de marche ne dépend que de la distance d; avec des lames qui ne sont pas planes et parallèles, d varie d'un point à l'autre, et les franges dessinent les lignes sur lesquelles d est constant : ce sont les *franges d'égale épaisseur*, celles dont il sera question dans cette 2e partie.

Interféromètre de Fizeau. — Un appareil producteur de franges conforme au schéma de la figure 2 porte le nom d'interféromètre de Fizeau. C'est en effet Fizeau qui a fait les premières observations interférométriques précises en 1862 avec un montage analogue. La source de lumière, très petite, est située près du foyer d'un objectif, qui éclaire les miroirs par un faisceau quasi parallèle à incidence voisine de la normale. Le faisceau réfléchi traverse de nouveau le même objectif et converge en formant une image de la source à petite distance de la source elle-même; l'œil placé dans cette image voit les franges d'égale épaisseur se dessiner sur les miroirs.

Fig. 2. — *Schéma d'un interféromètre de Fizeau.*
Le faisceau de lumière monochromatique partant de la fente F, rendu parallèle par la lentille L, se réfléchit en partie sur le miroir semi-transparent S, en partie sur le miroir M ; il traverse à nouveau la lentille L et converge sur l'œilleton O, d'où l'on voit les franges d'égale épaisseur entre S et M, si ces deux lames sont presque parallèles sans l'être tout à fait. La réflexion totale dans le petit prisme près de F rend le montage plus commode.

1. Voir : Les interférences lumineuses ; 1. Lames minces, *La Nature*, n° 3244, août 1955, p. 302.

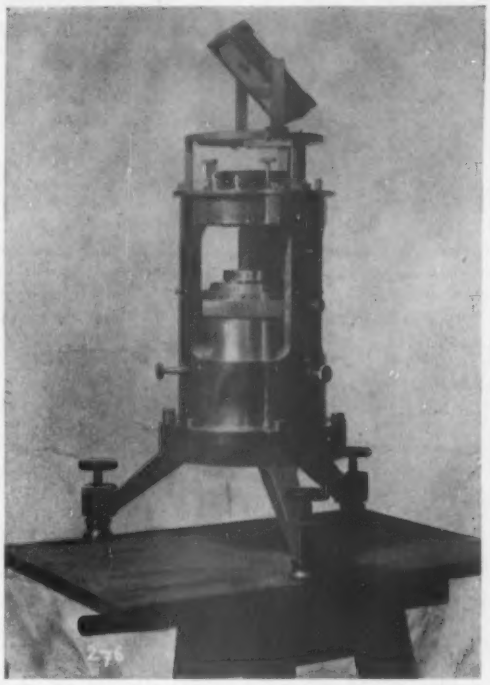


Fig. 3. — *Interféromètre de Fizeau construit par Jobin et Yvon pour le Bureau International des Poids et Mesures.*
(Photo B. I. P. M.).

La figure 3 montre l'interféromètre de Fizeau construit sur les indications d'A. Pérard, ancien directeur du Bureau international des Poids et Mesures. Le miroir oblique, à la partie supérieure de l'appareil, a pour fonction de renvoyer vers le bas le faisceau venant de la source de lumière; l'objectif et la lame séparatrice sont en partie dissimulés dans le bloc cylindrique; par la fenêtre rectangulaire, on voit le miroir inférieur. On notera la rigidité mécanique du bloc qui supporte les miroirs, rigidité nécessaire car des vibrations dont l'amplitude atteint 0,1 μ suffisent pour rendre les franges presque inobservables.

Relief des surfaces. — L'interféromètre de Fizeau étant muni d'une lame séparatrice aussi plane que possible, les franges d'interférences révèlent le relief de la surface du miroir. En effet, sur tout le trajet d'une frange lumineuse, les vibrations transportées par les deux rayons réfléchis restent en concordance de phase, et leur différence de marche est un nombre entier de longueurs d'onde de la lumière monochromatique éclairante. L'épaisseur de la mince lame d'air comprise entre les miroirs est donc un nombre entier de demi-longueurs d'onde sur chaque frange; ce nombre est différent d'une unité sur chacune des franges qui encadrent la première. Les franges dessinent en quelque sorte des lignes de niveau, comme si

la topographie de la surface était indiquée par rapport au plan de la lame séparatrice supposé horizontal, les différences d'altitude entre deux lignes successives étant une demi-longueur

Fig. 4 — Les franges indiquent la forme des défauts de planéité des deux aires rectangulaires.
(*Photo B. I. P. M.*).

d'onde, soit environ un quart à un tiers de micron pour les radiations visibles (fig. 4).

Mesure des dilatations. — En règle générale, les corps solides se dilatent d'environ 10 μ par mètre lorsque leur température s'élève d'un degré. Pour étudier la dilatation thermique d'un petit échantillon, long d'un centimètre par exemple, il faut mesurer des accroissements de longueur de l'ordre de 0,1 μ par degré. C'est ce qu'a fait J. R. Benoît dès 1879 à l'interféromètre de Fizeau. La lame séparatrice étant posée sur un trépied en platine de dilatation connue, l'échantillon, poli comme un miroir sur sa face supérieure, était posé sous ce trépied, et l'ensemble était porté à des températures successivement croissantes et décroissantes. Le déplacement des franges, mesuré à 0,01 interfrange près, fait connaître la variation relative de longueur entre le trépied et l'échantillon avec une précision de quelques millièmes de micron. Benoît a ainsi mesuré la dilatation de petits blocs de platine iridié ayant la même constitution que les règles d'un mètre qui conservent l'unité de longueur, et étudié la dilatation d'un grand nombre d'autres substances.

Une mesure préalable et difficile était nécessaire avant ces études des dilatations par rapport au platine : c'est la mesure de la dilatation du trépied de platine lui-même. On observe pour cela le déplacement de franges d'égale épaisseur, entre la base du trépied de platine et la lame semi-transparente posée sur les pointes supérieures de ce trépied; ces variations d'épaisseur sont bien dues à la dilatation du platine.

Mais deux difficultés apparaissent lorsque, pour que la précision soit suffisante, on écarte les deux plans de plusieurs centimètres.

Indice de réfraction de l'air. — La première difficulté est que, lorsqu'on chauffe le trépied, on chauffe aussi l'air dans lequel se propage la lumière monochromatique, ce qui change sa longueur d'onde. On a vu que la longueur d'onde λ est le chemin parcouru pendant une période; elle dépend donc de la vitesse. La vitesse de la lumière dans un milieu d'indice de réfraction n est n fois plus petite que dans le vide. Lorsque l'air se dilate, il contient dans un même volume un nombre de moins en moins grand de molécules, son indice de réfraction diminue et se rapproche de l'indice du vide qui est 1. En même temps, la longueur d'onde augmente.

On élimine cette première difficulté en plaçant le trépied et les plans réfléchissants dans le vide, dont l'indice ne peut varier. C'est donc dans le vide que l'on peut mesurer la dilatation du trépied.

Si ensuite on laisse entrer l'air progressivement, on voit les franges se déplacer comme si le trépied s'allongeait; en réalité, le trépied se raccourcit, très peu d'ailleurs, sous la pression croissante de l'air, d'une quantité calculable; mais la longueur d'onde diminue. Or les franges dessinent les lignes sur lesquelles l'épaisseur de la lame d'air (ou de vide) entre les deux miroirs est un nombre constant de longueurs d'onde. Si la longueur d'onde diminue, comme elle le fait lorsque l'air pénètre entre les miroirs, les franges se déplacent vers les épaisseurs plus petites. De la mesure du nombre des franges qui défilent en un point, on déduit l'indice de l'air. C'est ainsi que Fizeau, puis Benoît, puis Pérard, avec de plus en plus de précision, ont mesuré l'indice de réfraction de l'air, qui est $n = 1{,}000\ 276\ 42$ pour la radiation rouge du cadmium se propageant dans l'air normal; par convention, l'air normal est l'air sec à 15° C et à la pression atmosphérique normale.

La longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium, étalon secondaire de longueur duquel on a déduit toutes les autres longueurs d'ondes mesurées, est $\lambda_a = 0{,}643\ 846\ 96$ μ dans l'air normal. Dans le vide, elle est n fois plus grande, et devient $\lambda_v = 0{,}644\ 024\ 93$ μ.

Dans les expériences sur l'indice de l'air de Pérard, la distance entre les miroirs était 17 mm; comme elle est traversée deux fois, la différence de marche était 52 792,99 longueurs d'onde dans le vide et 52 807,58 longueurs d'onde dans l'air normal, pour la radiation rouge du cadmium; il défilait donc 14,59 franges en chaque point pendant la rentrée de l'air.

Finesse des radiations monochromatiques. — La seconde des difficultés annoncées est que les franges perdent leur netteté, et finissent même par disparaître entièrement, si l'on augmente la différence de marche. Cette disparition se produit à une différence de marche limite qui est, lorsque la source de lumière monochromatique fonctionne dans les conditions optimales, environ 30 cm pour la radiation rouge du cadmium. Il n'existe pas en effet de radiation strictement monochromatique, ne contenant que des rayonnements d'une seule longueur d'onde. On ne sait produire que des rayonnements qui s'échelonnent sur une bande de longueurs d'onde plus ou moins étroite, des radiations plus ou moins fines. Les diverses composantes de ce mélange donnent des figures d'interférence semblables, mais légèrement décalées les unes des autres; elles coïncident à faible différence de marche, mais s'étalent jusqu'à disparition à la différence de marche limite.

Des aspects plus complexes, affectant à la fois la visibilité des interférences et la longueur d'onde moyenne apparente d'une radiation monochromatique, sont fréquents; ils traduisent la structure de cette radiation en plusieurs composantes de longueurs d'onde très voisines, structure appelée hyperfine, due à une dissymétrie du noyau atomique et à la superposition de plusieurs isotopes.

Depuis quelques années seulement, on sait isoler des isotopes bien choisis et produire, par décharge électrique dans le gaz ou la vapeur d'un de ces isotopes, des radiations sans structure hyperfine; dans les conditions les meilleures, à faible intensité de courant et basse température, certaines des radiations produites par l'isotope 198 du mercure permettent des interférences jusqu'à la différence de marche de 500 mm, par les isotopes 84 ou 86 du krypton jusqu'à 800 mm, et même jusqu'à 1 m si l'on consent à utiliser la radiation infrarouge 0,9856 μ. Ces lampes sont construites spécialement et ne ressemblent guère aux lampes d'éclairage (voir *La Nature*, janvier 1954, fig. 2, p. 35).

Méthode des coïncidences. — Sur une frange lumineuse, on sait que la différence de marche est un nombre entier exact de longueurs d'onde; mais comment connaître la valeur de ce nombre entier? On peut partir de zéro et compter les franges qui défilent en un point; Michelson l'a fait sur plus de 1 000 franges, avec un interféromètre dont un miroir pouvait être déplacé très lentement et progressivement; les techniques de comptage électronique permettent de reprendre cette solution sous une forme moins pénible et plus rapide; des essais dans ce sens sont en cours.

La méthode classique pour déterminer l'entier est celle

des coïncidences; cette technique, appliquée systématiquement depuis R. Benoît, consiste à noter, pour une même différence de marche inconnue, avec plusieurs radiations de longueur d'onde exactement connue, l'excédent fractionnaire en un même point, c'est-à-dire la position de ce point interpolée entre les deux franges qui l'encadrent. Si l'excédent fractionnaire a été mesuré avec une précision de quelques centièmes d'interfrange, on peut déterminer pour chacune des longueurs d'onde le nombre entier correspondant; chacun de ces nombres, suivi de la partie fractionnaire observée, et multiplié par la longueur d'onde, doit donner en effet le même résultat, qui est la différence de marche.

Interféromètre de Michelson. — Michelson a conçu un interféromètre qui porte son nom et qui donne commodément des franges d'égale épaisseur; sur le même schéma sont construits plusieurs interféromètres, en particulier d'après les plans, plus ou moins modifiés, qu'avait adoptés le physicien allemand W. Kösters. Ce schéma est donné par la figure 5. Une

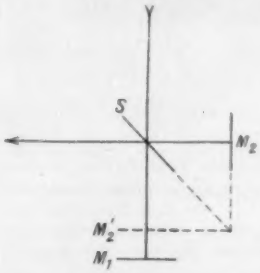


Fig. 5 — *Schéma de l'interféromètre de Michelson.*
S, lame séparatrice ; M_1 et M_2, miroirs ; M'_2, miroir virtuel, image de M_2 par rapport à S.

partie des rayons est réfléchie par la lame réparatrice S, puis par le miroir M_2; l'autre partie traverse cette lame S et se réfléchit sur M_1. Ces deux faisceaux partiels coïncident de nouveau en se recombinant à leur retour sur la séparatrice. On a figuré en M'_2 le symétrique de M_2 par rapport au plan de la lame séparatrice S; il est facile de voir que l'interféromètre de Michelson est équivalent à l'ensemble des deux miroirs M_1 et M'_2, ce dernier étant virtuel. La différence de marche est deux fois la distance entre M_1 et M'_2. Plus précisément, si l'on vise avec une lunette un point M sur M'_2, et si la direction des rayons parallèles fait un angle i avec la perpendiculaire MH de M au miroir M_1, la différence de marche est 2 MH cos i exactement pour le point M visé (fig. 6). Ce résultat est éga-

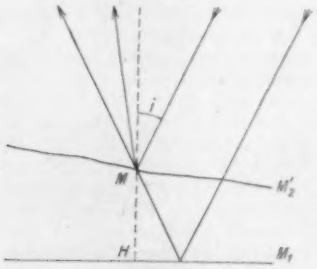


Fig. 6. — *Différence de marche dans l'interféromètre de Michelson.*
La différence de marche en M, pour les deux rayons parallèles incidents figurés, se réfléchissant sur les miroirs M_1 et M'_2, est 2 MH cos i.

lement valable dans le cas de l'interféromètre de Fizeau; il est fondamental pour les mesures de longueur par interférences, lorsqu'on observe les franges d'égale épaisseur.

Mesure des calibres. — Les calibres à bouts plans et parallèles, blocs d'acier parallélépipédiques dont deux faces opposées sont polies avec soin, sont des étalons de longueur fort utiles à la métrologie industrielle; la mesure la plus précise de leur longueur définie par la distance de ces deux faces s'ef-

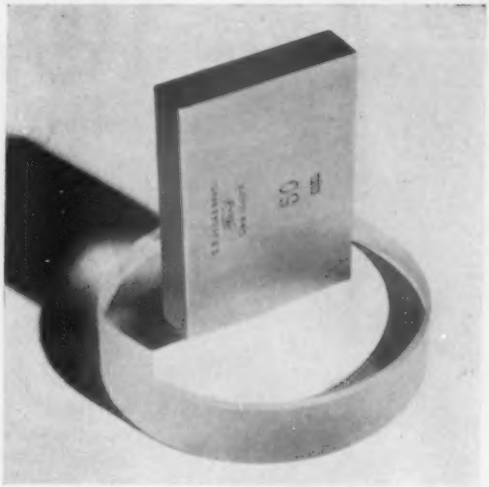


Fig. 7. — *Calibre en adhérence sur un plan de quartz.*
(*Photo National Bureau of Standards*, Washington).

fectue par les interférences. Le calibre est mis en adhérence par l'une des faces polies sur la surface optiquement plane d'un disque d'acier, de verre ou de quartz (fig. 7), et l'on mesure l'épaisseur de deux lames d'air : l'une comprise entre une surface de référence et le plan support, l'autre entre cette même surface de référence et la face libre du calibre.

A l'interféromètre de Fizeau, la surface de référence est la face semi-transparente de la lame séparatrice; la longueur du calibre est la différence des épaisseurs des deux lames d'air.

A l'interféromètre de Michelson, la surface de référence est le miroir virtuel M'_2; ce miroir étant virtuel, on en profite pour le placer à peu près à mi-distance des deux faces du calibre, et la longueur cherchée est la somme des épaisseurs des deux lames d'air. Cette disposition est plus avantageuse car, pour une même longueur de calibre, la plus grande différence de marche des interférences à observer est égale à cette longueur, tandis qu'elle en est le double à l'interféromètre de Fizeau.

Aux longueurs ainsi mesurées optiquement, il faut apporter de petites corrections, incertaines et difficiles à déterminer, appelées corrections de perte de phase, dues à la plus ou moins grande pénétration de la lumière dans la matière de chaque surface jouant le rôle de miroir; cette pénétration, qui n'est qu'apparente, est une cause de soucis pour la métrologie de haute précision, mais elle est de peu d'importance pour l'industrie; en effet la surface « optique » et la surface « mécanique » sont séparées par une distance inférieure à 0,1 μ.

Les calibres couramment mesurés par les interférences sont ceux dont la longueur est inférieure à 100 mm. Avec les radiations monochromatiques d'obtention récente, on peut mesurer, dans un interféromètre du type Michelson, des calibres de 500 mm.

Addition optique. — Si la différence de marche nécessitée par une certaine mesure excède les limites de netteté des franges, on peut recourir à l'addition optique de longueurs plus petites; par exemple, Engelhard, physicien allemand, mesure la longueur de calibres de 1 m grâce à l'intermédiaire d'un calibre deux fois plus court. Ces deux calibres, munis chacun d'un plan en adhérence sur une face, sont placés dans un interféromètre du type Michelson comme l'indique la figure 8. L'image du calibre le plus court dans la lame sépa-

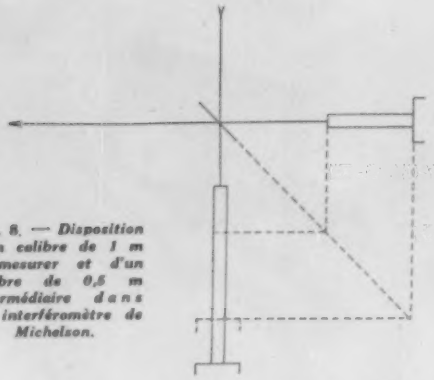


Fig. 8. — *Disposition d'un calibre de 1 m à mesurer et d'un calibre de 0,5 m intermédiaire dans un interféromètre de Michelson.*

ratrice S, symétrique par rapport à ce plan S, doit se former au milieu du calibre de 1 m. En observant les franges d'égale épaisseur entre les deux plans, puis entre les deux faces libres des calibres, on peut mesurer ces deux lames d'air, et ajouter leurs épaisseurs à la longueur du plus petit calibre préalablement déterminée; la somme est la longueur optique du calibre de 1 m. Par un nombre restreint d'opérations il est donc possible de mesurer une longueur de l'ordre du mètre sans que la différence de marche maximum nécessaire dépasse 50 cm, valeur accessible avec les radiations les plus fines récemment disponibles.

Franges d'égale épaisseur à réflexions multiples. — On a considéré jusqu'ici deux rayons seulement dans la production des interférences. Aucun autre rayon n'est à envisager dans le cas de l'interféromètre de Michelson; mais dans celui de Fizeau, il se produit des réflexions multiples, avec des amplitudes décroissantes, entre la lame séparatrice et le miroir, d'autant plus importantes que la séparatrice est plus réfléchissante. Si l'on met à part l'effet des pertes de phase, qui est assez complexe, la conséquence la plus frappante est un accroissement de la netteté des franges d'égale épaisseur, à la condition que les deux surfaces soient à petite distance, quelques microns, et que l'incidence des rayons soit voisine de la normale, afin que les allers et retours de la lumière dans la mince lame d'air restent localisés à très peu près sur le même trajet sans décalage latéral. Le profil d'éclairement des franges passe de la forme indiquée par la courbe A sur la figure 9 à la

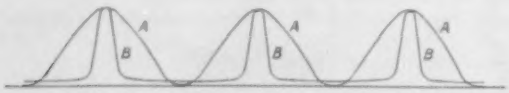


Fig. 9. — *Profil d'éclairement des franges d'interférences.*
A, deux rayons; B, rayons multiples.

forme B. Les franges deviennent des lignes noires fines que l'on peut localiser avec précision et qui ont été systématiquement employées par le physicien anglais Tolansky pour l'étude de la structure de surfaces diverses : métaux polis, cristaux, naturels ou attaqués à l'acide; des reliefs de quelques dix-millièmes de micron peuvent être révélés; on approche des dimensions moléculaires. La découverte de ces franges à rayons multiples est attribuée à Fabry et Perot. La figure 10 montre de belles franges obtenues entre deux plans de verre d'excellente qualité; on voit qu'elles permettent une étude fine des défauts résiduels de planéité.

Interféromètre de Mach. — Dans l'interféromètre de Michelson, dont le schéma est visible aux figures 5 et 8, les

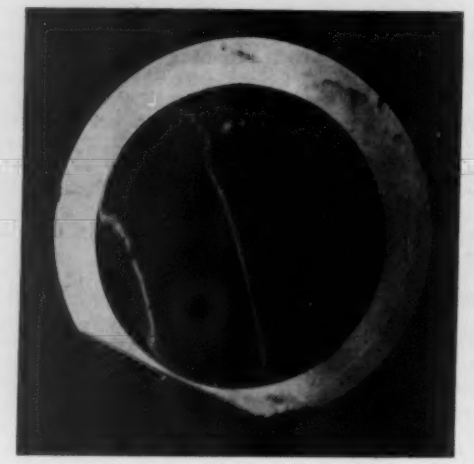


Fig. 10. — *Franges d'égale épaisseur entre deux plans de verre.*
La finesse extrême de ces franges est due aux réflexions multiples entre les deux plans.
(*Photo Laboratoire* Aimé Cotton, Bellevue).

deux faisceaux partiels, après avoir quitté la séparatrice, reviennent sur eux-mêmes et se recombinent sur la même séparatrice. Dans l'interféromètre de Mach (fig. 11), les deux faisceaux, l'un réfléchi, l'autre transmis par une lame séparatrice, sont renvoyés sur une lame semi-transparente distincte, sur laquelle ils se recombinent. Cette disposition est moins simple que celle

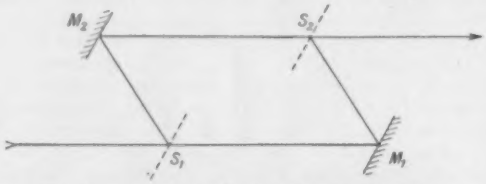


Fig. 11. — *Schéma d'un interféromètre de Mach.*
S_1 et S_2, lames séparatrices semi-transparentes; M_1 et M_2, miroirs.

de Michelson, mais elle offre l'avantage de séparer plus nettement les faisceaux, ce qui permet de modifier l'un d'eux par des dispositifs encombrants, sans rien changer à l'autre.

La figure 12 montre un interféromètre de Mach récemment construit pour l'étude de l'écoulement de l'air autour d'un obstacle. La veine d'air est placée, entre deux fenêtres, sur l'un des faisceaux. En produisant des franges d'égale épaisseur, on obtient par exemple l'aspect de la figure 13 lorsque l'air est immobile. Sans changer la position des miroirs, si l'on imprime à l'air une certaine vitesse, la présence de l'obstacle provoque l'apparition de zones de compression dans lesquelles l'indice de l'air augmente. Or, on a vu qu'une augmentation de l'indice de réfraction équivaut à une augmentation de la différence de marche mesurée en longueurs d'onde, puisque la longueur d'onde diminue. Autrement dit, le renseignement le plus immédiat fournit par les interférences est la variation de l'indice de réfraction de l'air en chaque point, renseignement précieux pour les études d'aérodynamique, surtout parce qu'il est obtenu sans qu'il soit nécessaire d'introduire aucune sonde perturbatrice dans la veine d'air.

Avec une veine d'air dont la vitesse est environ deux fois la vitesse du son, les franges de la figure 13 se déforment sous l'action des variations d'indice et prennent l'aspect présenté à

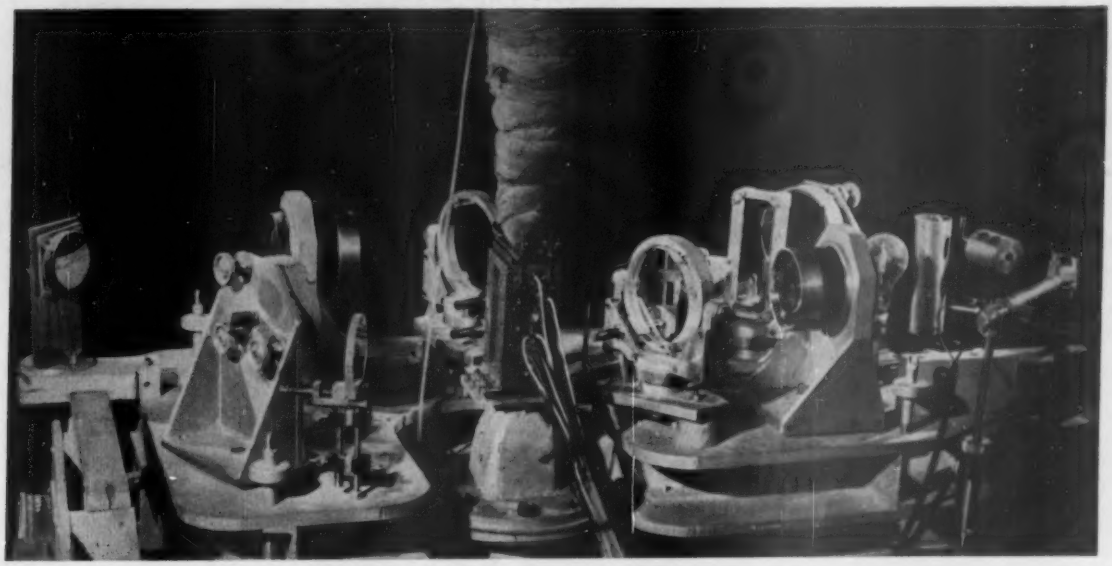


Fig. 12 *(ci-dessus).* — ***Interféromètre de Mach.***

La plus grande dimension de cet appareil est de l'ordre de 2 m ; au centre, la chambre où est observée la veine d'air à travers deux glaces de fermeture ; au-dessus et au-dessous, les conduites pour le passage de l'air.

(Photo Office national d'Études et de Recherches aéronautiques).

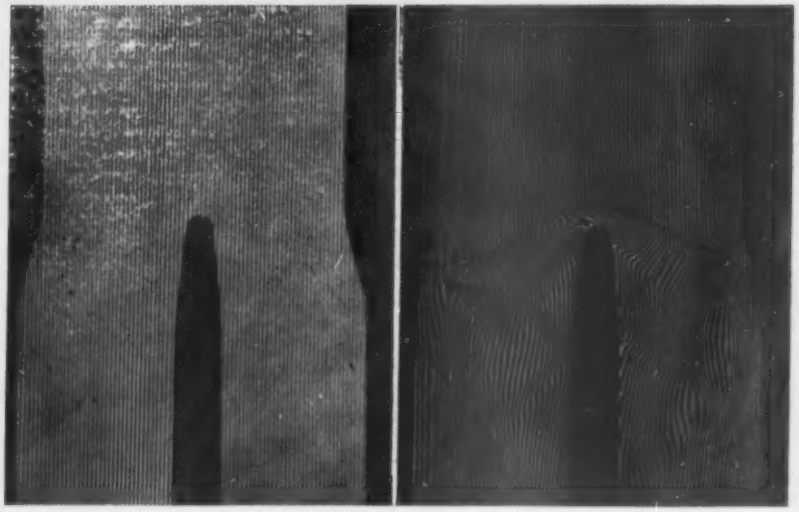


Fig. 13 et 14. — ***Franges d'égale épaisseur ;*** *à gauche :* ***dans l'air au repos ;*** *à droite :* ***dans la veine en mouvement à une vitesse voisine de deux fois la vitesse du son (nombre de Mach : 1,94).***

(Photos O. N. E. R. A.)

la figure 14. On conçoit que de telles photographies soient riches en enseignements pour le spécialiste. La photographie qui orne la couverture de ce numéro de *La Nature* a été prise dans des conditions analogues; la seule différence est que le champ de franges, la veine étant à l'arrêt, était une teinte plate, la différence de marche restant la même en tous les points; lorsque la veine d'air est mise en mouvement, les variations d'indice détruisent cette égalité de différence de marche; chaque frange dessine le lieu des points où l'indice a la même valeur. C'est pourquoi cette sorte de carte des indices est plus symétrique que le système de franges de la figure 14.

(à suivre).

JEAN TERRIEN,
Sous-directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

Le cuivre péruvien

Un prêt de 100 millions de dollars a été consenti par l'Export-Import-Bank à des sociétés américano-péruviennes pour mettre en valeur le riche gisement cuprifère de Toquepala, dans le sud du Pérou. Les réserves sont estimées à 400 millions de tonnes de minerai ; la teneur (1 pour 100) est bien inférieure à celle du Copperbelt rhodésien, mais elle est dans la moyenne de tous les gisements du continent américain. Un chemin de fer de 175 km doit être construit pour relier la mine à la côte, 3 000 m plus bas. De nombreuses installations sont prévues, et le port d'Ilo sera agrandi. Des années s'écouleront encore avant que la mine entre en activité sérieuse. Les États-Unis se réserveraient une partie du cuivre obtenu.

Le silencieux
et la puissance des moteurs

Un moteur, en faisant du bruit, ne dépense-t-il pas en pure perte une partie de son énergie ? Logiquement, ne gagnerait-il pas en puissance à mesure que serait restreinte son émission sonore ?

Cette manière de poser le problème évoque à quelques dizaines d'années de distance la récupération des fumées d'usines : il fut un temps où la production de fumée paraissait être l'accompagnement désagréable mais nécessaire de la libre combustion du charbon. On sait à présent que cette production parasite n'était rien moins qu'un monumental gaspillage.

Il est évidemment trop tôt pour conclure, par comparaison, que le moteur parfaitement silencieux fournira en même temps le rendement maximum. Il semble cependant que cette anticipation soit plus près de la vérité que l'opinion communément admise selon laquelle la puissance est en raison directe du vacarme...

Une remarque également s'impose : c'est la stupéfiante pauvreté de la « littérature » technique consacrée à l'appareil connu sous le nom de *silencieux* ou *pot d'échappement*. Dans la plupart des ouvrages consacrés à l'automobile cet organe occupe une place infime. Il arrive même qu'il soit purement et simplement oublié !

Ajoutons enfin que, selon les rares spécialistes du silencieux, les sérieuses difficultés techniques auxquelles ils se heurtent ne font que s'ajouter à d'autres difficultés d'un ordre entièrement différent. Quelles sont-elles donc ?

1° *Avant tout et surtout, elles sont psychologiques.* L'immense majorité des usagers du moteur à explosion ont la conviction — mentionnée plus haut — que le bruit est signe de puissance. Les conséquences sociales et commerciales de cette « croyance » sont innombrables. Nous ne citerons qu'un cas : voici quelques années, dans une grande firme de motocycles, un des techniciens proposa un silencieux efficace. A quoi le directeur commercial opposa un véto formel : « Nous irions, disait-il, au devant d'une catastrophe : *notre clientèle veut faire du bruit !* »

2° Vient ensuite une *difficulté économique* : un silencieux efficace est plus cher qu'un silencieux « bricolé ». C'est donc ce dernier qui très souvent est adopté, bien que la différence de prix soit d'environ 0,5 pour 100 du prix total d'un motocycle.

3° *Difficulté professionnelle* : Les artisans tôliers ou chaudronniers réalisent des silencieux, sous la forme d'un tube barré de « chicanes » qui ont censément pour mission « d'arrêter le bruit ». Adhérant à cette conception simpliste, les usagers considèrent cet appareil comme une « muselière » qui, jugulant le bruit, empêche le plein rendement du moteur. Faisant sauter quelques chicanes, ils restent logiques avec eux-mêmes...

4° *Difficulté industrielle* : Même ceux des constructeurs de véhicules qui sont convertis à la nécessité d'un silencieux correct étudient leurs modèles de voitures ou de motocycles sans s'être au préalable souciés de cet accessoire. C'est lorsque tout est terminé qu'ils convoquent le spécialiste et le prient de résoudre *a posteriori* un problème qui techniquement aurait dû être inclus dans leur étude. Ajoutons que la place accordée au silencieux est presque toujours insuffisante, notamment dans les poids lourds dont les constructeurs se refusent à sacrifier l'espace nécessaire, même s'il ne dépasse pas un millième du volume total du véhicule.

Ces difficultés mises à part, il reste à composer un bon silencieux, c'est-à-dire à résoudre à la fois un problème d'acoustique et un problème de rendement. Il va de soi que ce double problème se pose chaque fois d'une manière nouvelle; autant de moteurs en effet, autant de sources sonores dissemblables.

Ajoutons que l'acousticien qui doit pourchasser les bruits pneumatiques du moteur (qui, rappelons-le, sont de loin les plus importants) ne se contente pas de prévoir un silencieux d'échappement. L'admission joue également un rôle important et, la plupart du temps, un silencieux d'admission s'impose ou s'imposerait.

Le silencieux d'échappement. — De tout ce qui précède on peut déjà conclure que la gamme des silencieux existants ou souhaitables est presque infinie. Et il ne peut être question pour nous de tous les passer en revue. Bornons-nous à aborder cette enquête en partant du plus simple pour aller vers le plus complexe et traçons pour commencer le schéma des quatre types élémentaires de silencieux.

La figure 1 représente le silencieux le plus primitif, constitué d'une simple chambre d'expansion. Empiriquement on avait pu constater qu'un tube d'une certaine longueur conduisant les gaz d'échappement amortissait déjà le bruit. Le renflement de la chambre d'expansion augmente cet effet en permettant aux gaz de se détendre avant leur arrivée à l'air libre.

La figure 2 montre le principe du *silencieux par absorption*, breveté en 1924 par Burgess. A l'intérieur du renflement passe un tube perforé, autour duquel est enroulé un matelas de laine de verre ou de tout autre matériau poreux capable d'absorber le son.

L'absorption peut également être réalisée sans remplissage (fig. 3) mais, au lieu que les trous du tube perforé soient à bords nets comme dans la figure 2, ces trous sont profilés.

La figure 4 est le schéma du silencieux mixte, combinant les principes de 1 et de 2.

C'est d'ailleurs le silencieux mixte qui, tout en se compli-

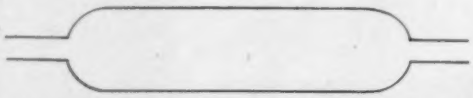


Fig. 1. — *Schéma du silencieux à simple chambre d'expansion.*

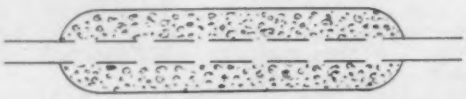


Fig. 2. — *Schéma du silencieux à absorption.*
Tube central à trous nets et remplissage extérieur par une substance poreuse

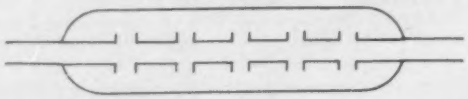


Fig. 3. — *Schéma du silencieux à absorption à trous profilés, sans remplissage extérieur.*

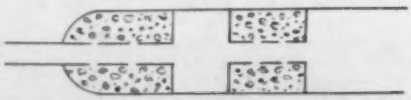


Fig. 4. — *Schéma du silencieux mixte, combinant absorption et expansion.*

quant sensiblement, s'est imposé dans la plupart des cas. Nous avons déjà eu l'occasion de voir (Le bruit des véhicules, *La Nature*, mars 1955, p. 104) que le bruit d'un moteur, lorsqu'on l'analyse, peut être découpé en un certain nombre de *bandes de fréquences*, allant du grave à l'aigu. Or les moyens destinés à amortir le bruit sont essentiellement différents selon qu'on se trouve en présence de basses, moyennes ou hautes fréquences. Comme, dans presque tous les moteurs, la plupart des gammes sont représentées, il est nécessaire de réaliser un silencieux où elles seront successivement amorties.

Les *basses fréquences* justifient l'emploi de *résonateurs*, c'est-à-dire de chambres placées en dérivation sur le conduit des gaz et où l'air se comprime et se détend au rythme de l'échappement. L'entrée du résonateur doit être judicieusement placée en tenant compte des nœuds et des ventres de l'onde sonore incluse dans le conduit des gaz. Selon les cas, il peut y avoir ou une seule ou plusieurs chambres de résonance communiquant entre elles.

Les *hautes fréquences* sont celles pour lesquelles le système Burgess (tube perforé et matière absorbante) se montre le plus efficace. Les trous et les tampons absorbants ne sont pas placés au hasard mais aux endroits où les ondes de haute fréquence seraient normalement réfléchies. Leur rôle est de s'opposer à cette réflexion.

Les *moyennes fréquences* sont combattues selon un principe que nous n'avons pas encore abordé ici mais qui est appliqué dans l'*absorbeur électronique des bruits* dont le schéma a été précédemment reproduit dans *La Nature* (Les bruits aéronautiques, juin 1955, p. 222). Le principe, rappelons-le, est de réaliser l'amortissement des sons par interférence acoustique. Le résultat que l'on recherche est de mettre en opposition deux ondes semblables mais où les pressions de l'une correspondent rigoureusement aux dépressions de l'autre. Ce but est atteint en divisant — à l'entrée du silencieux — l'onde sonore en deux fractions sensiblement égales : la première fraction passe directement le long d'un tube central, la deuxième emprunte un circuit hélicoïdal autour de ce tube. C'est la différence entre la longueur des deux parcours qui réalise l'opposition des deux ondes fractionnaires lorsqu'elles se rejoignent à la sortie.

Un moyen encore plus subtil (fig. 5) est de fractionner l'onde sonore en plusieurs fois, grâce à une série d'orifices qui font

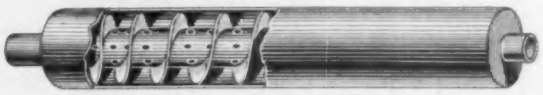


Fig. 5. — *Silencieux Wilman à conduit hélicoïdal à pas variable.* Orifices échelonnés réalisant une interférence multiple.

communiquer le tube central et le circuit hélicoïdal. A celui-ci on donne un pas variable, afin de réaliser au mieux les interférences des différentes fractions d'onde entre elles.

Si l'on ajoute à cela que le circuit hélicoïdal réalise automatiquement un *déphasage* progressif en faisant parcourir aux filets de gaz un trajet plus ou moins long selon leur éloignement de l'axe de l'hélice, que souvent deux circuits concentriques sont aménagés, l'un pour les fréquences moyennes, l'autre pour les basses fréquences, que le tout doit se combiner avec les chambres de résonance et qu'enfin l'interférence acoustique n'amortit que les sons avec lesquels le silencieux est « accordé », on est obligé de reconnaître l'extrême complexité de cet appareil.

Ce n'est qu'après avoir déterminé le spectre sonore du moteur que le projet d'un silencieux peut être ébauché et il faut encore de longues heures de banc d'essai pour que chaque modèle trouve finalement sa forme optimum. Nous avons fait allusion à la nécessité d'accorder le silencieux à la source sonore que représente le moteur. Or n'oublions pas que le son varie selon le régime de ce dernier. Il faut donc choisir le régime auquel le moteur est appelé à tourner le plus souvent, si bien que le silencieux le plus scientifiquement établi garde un caractère plus ou moins approximatif.

Contrairement à ce que l'on pourrait supposer, c'est dans le motocycle pourvu d'un moteur à deux temps qu'on réalise les plus spectaculaires réductions du bruit, car ce sont presque exclusivement les hautes fréquences qu'on est appelé à combattre.

Les voitures à quatre cylindres ou davantage demandent des études plus délicates : le ronflement grave du moteur est normalement absorbé par le système de la résonance, mais il est essentiel que le silencieux soit placé à un endroit judicieusement choisi; sans quoi il risquerait d'augmenter le bruit au lieu de le diminuer.

Le silencieux d'admission. — A de nombreuses reprises on s'est aperçu que le silencieux d'échappement laissait subsister un volume de bruit excessif. Le cas est particulièrement net dans les poids lourds pourvus d'un moteur à combustion interne et où le carburateur n'existe pas. On a reconnu que ce genre de moteurs avait un bruit d'admission très intense. Dans certains autobus récemment mis en service dans la région parisienne, ce bruit est surtout sensible à l'avant du véhicule. Il se fait entendre, à l'extérieur, jusqu'à une distance de 500 m.

Pour y remédier, on a eu recours à un silencieux d'admission dont le principe est entièrement différent de celui du silencieux d'échappement. C'est par le jeu de membranes en caoutchouc synthétique que l'aspiration du moteur est amortie et que l'onde sonore se trouve, sinon supprimée, du moins fractionnée de telle sorte qu'elle ne parvient que très affaiblie à l'oreille.

Dans les moteurs à essence, on a longtemps placé cette membrane élastique sur le filtre qui précède le carburateur. Mais cette interposition freinait l'entrée de l'air dans les cylindres. Pour supprimer cet inconvénient, les plus récents silencieux d'admission sont placés comme dans le schéma de la figure 6, en dérivation sur le parcours entre le filtre et le carburateur.

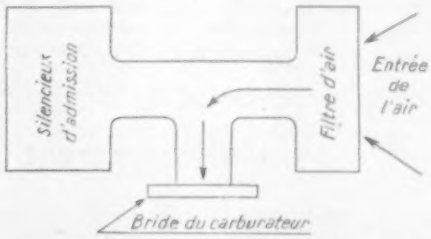


Fig. 6. — *Schéma du silencieux d'admission placé en dérivation entre le filtre d'air et le carburateur.*

Lorsqu'on n'est pas limité par la place, le silencieux d'admission peut être conçu selon le principe de la résonance, sans intervention de membranes en caoutchouc. L'amortissement en ce cas est obtenu par une disposition spéciale des conduits et des chambres de résonance, l'ensemble étant, là aussi, placé en dérivation sur le parcours de l'air.

Les résultats. — On a souvent l'occasion, à l'oreille, de comparer un véhicule muni d'un silencieux avec un véhicule analogue tournant à échappement libre. Cette comparaison ne laisse aucun doute sur l'efficacité du silencieux en général.

Il est intéressant toutefois de savoir quelle est la réduction du bruit, mesurée en décibels. Nous citerons à cet égard le cas d'un motocycle qui, à l'échappement libre, émettait à une

TABLEAU I

RENDEMENTS OBTENUS AVEC ET SANS SILENCIEUX AU CONCOURS ORGANISÉ PAR LA F.F.M.

		Catégorie 50 cm³ (2 temps)		Catégorie 125 cm³ (2 temps)		Catégorie 250 cm³ (4 temps)	
		Echappement libre	Silencieux primé	Echappement libre	Silencieux primé	Echappement libre	Silencieux primé
A 3 000 tours	Puissance développée	0,672	0,776	3,60	3,53	5,62	7,32
	Consommation spécifique (par cheval)	766 g	563 g	436 g	397 g	345 g	388 g
A 5 000 tours	Puissance développée	1,085	1,26	6,405	6,16	9,85	10,05
	Consommation spécifique (par cheval)	726 g	537 g	374 g	345 g	443 g	434 g

distance de 10 m un bruit de 90 dB. Avec le silencieux d'échappement ce bruit a été réduit à 80 dB. En y ajoutant le silencieux d'admission on est descendu finalement à 72 dB (Rappelons que l'échelle des décibels est logarithmique : de 90 à 72 dB, l'atténuation du bruit est environ dans la proportion de 6 à 1).

Quant à la perte de puissance qui est, s'imagine-t-on, l'inéluctable conséquence de la présence du silencieux, elle se change assez souvent en gain. C'est ce qui est nettement apparu lors du concours organisé l'année dernière par la Fédération française de motocyclisme.

Dans le tableau I, on peut constater que pour chacune des catégories de véhicules (50 cm³, 125 cm³, 250 cm³) le silencieux avec lequel ont été établies les meilleures performances a presque toujours amélioré la puissance et diminué la consommation d'essence. Mentionnons que la marque Wilman, qui a été presque uniformément en tête du classement de chaque catégorie, s'est inspirée des différents principes exposés ci-dessus.

Il reste à comprendre comment le silencieux peut « donner des chevaux » au lieu d'en retirer. L'explication est relativement simple : dans l'échappement libre, l'expulsion des gaz n'a à vaincre que la contre-pression (assez minime) de l'air. Si l'on interpose un silencieux qui freine de manière assez nette cette expulsion, les gaz brûlés sont partiellement retenus dans les cylindres : mélangés aux gaz frais, ils diminuent l'intensité de l'explosion. Le silencieux en pareil cas donne raison à ses détracteurs.

Si au contraire la forme du silencieux et son emplacement sont correctement étudiés, il se crée à la sortie des cylindres une vague de dépression qui aide à leur remplissage en gaz frais. Dès lors l'explosion est plus forte que dans le cas de l'échappement libre. Le silencieux agit donc comme un organe moteur. Cela suppose évidemment un réglage minutieux des soupapes, faisant coïncider la vague de dépression avec la vague de remplissage des cylindres.

L'infortune du silencieux est que, la plupart du temps, ce réglage a été effectué pour l'échappement libre : toutes les chances sont alors réunies pour que le silencieux exerce un freinage. Chaque fois au contraire que le réglage est fait d'emblée avec le silencieux, c'est la suppression de cet organe qui freine le moteur.

Cette « relativité » du silencieux est manifestement le vestige des idées préconçues qui existent encore à l'égard de cet organe : on le tolère sans l'accepter tout à fait, on ne le fait intervenir qu'à un stade tardif de l'étude.

Période de transition sans doute, au bout de laquelle le silencieux cessera d'exister « en soi », mais s'incorporera universellement et définitivement à l'ensemble moteur.

GASTON COHEN.

L'affaissement du sous-sol néerlandais

Nous avons exposé (novembre 1953, p. 344), la lutte soutenue par les Néerlandais pour se défendre contre la mer. De nouveaux éléments viennent d'être apportés à l'étude de cette importante question : nous les tirons de la *Geografisch Tijdschrift*, de la revue britannique *Nature* (spécialement n° 4442, 18 décembre 1954), et du IIIe Rapport intérimaire de la Commission du Delta de Zélande (1954). Il s'agit de ce phénomène d'affaissement lent qu'on appelle *subsidence*.

Le sous-sol profond des Pays-Bas est haché de failles d'origine hercynienne; c'est évidemment une condition favorable à l'effondrement lent des terrains sus-jacents. D'autre part, la tourbe, qui forme une partie importante des sols néerlandais, contient beaucoup d'eau et son tassement apparaît comme la conséquence inéluctable du drainage. Les autres sols, argileux et sableux, ont également tendance à se tasser, quoique un peu moins que la tourbe.

Des expériences effectuées sur des sédiments et des coquillages prélevés à différentes profondeurs ont été menées à l'aide du test radio-carbone (voir : L'âge des ruines de Zimbabwé, *La Nature*, janvier 1955, p. 19). Ainsi on a pu déterminer leur âge avec une certaine précision. D'après Van Straaten (*Geologie en Mijnbouw*, 1954), l'affaissement serait plus lent actuellement qu'il ne le fut il y a plusieurs milliers d'années : 10 cm par siècle contre 25 cm il y a 8 000 ans. En effet, les échantillons prélevés à la profondeur de 2,50 m seraient âgés de 2 500 ans, ceux prélevés à 9 m âgés de 5 500 ans, ceux prélevés à 16-18 m âgés de 8 000 ans.

Par des méthodes purement géologiques, le savant néerlandais Umbgrove est arrivé à des résultats analogues : 12 cm par siècle à l'époque historique. Mais il importe de ne pas oublier l'élévation du niveau de la mer, qui peut jouer également un rôle déterminant : la fusion actuelle des glaces polaires entraîne en effet un relèvement qui peut être chiffré à 7 ou 8 cm depuis 1890. Tout cela est lié au réchauffement enregistré dans les climats depuis une cinquantaine d'années. Quoi qu'il en soit, le destin de la Hollande apparaît lié à la lutte que mèneront les hommes.

P. W.

Tubes et canalisations en matières plastiques

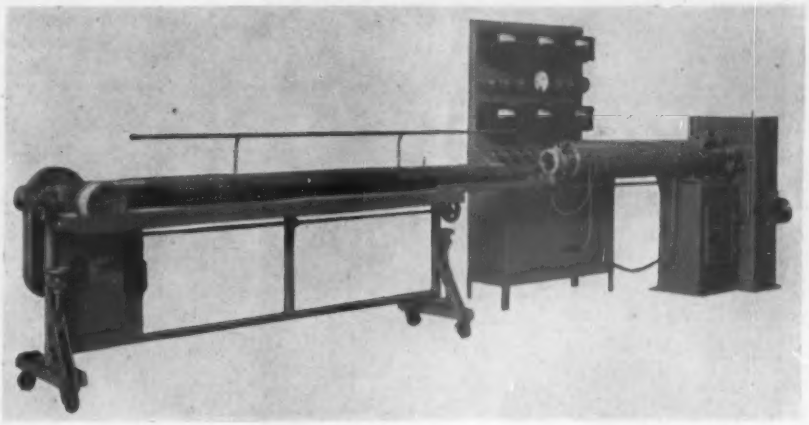


Fig. 1 — « Boudineuse » Andouard pour la fabrication de tubes en matières plastiques.
(*Photo Société Andouard*, Bezons).

Dans les cinq dernières années, les matières plastiques ont occupé rapidement un domaine jusque-là réservé apparemment aux métaux : celui des distributions de fluides par tuyauteries. En France, des distributions d'eau ont été réalisées dans les agglomérations rurales au moyen de chlorure de polyvinyle ; au laboratoire de Roscoff (Finistère), les nouvelles adductions d'eau de mer sont en matières plastiques. Au Canada, des distributions urbaines d'eau potable ont été créées, ainsi que des réseaux d'arrosage de jardins maraîchers et de terrains de golf. En Australie, près de Sydney, une canalisation en polyéthylène est utilisée pour conduire l'eau de mer aux condenseurs d'une centrale thermique. A Détroit, aux États-Unis, un appareillage mobile pour installation de piste de patinage comporte un réseau de tubes dans lesquels circule une saumure à — 15° C.

Quelles sont les raisons profondes de ce développement ? Certaines matières plastiques présentent d'excellentes propriétés de résistance à la corrosion, soit par l'air lui-même (vieillissement par oxydation), soit par ses impuretés, telles que le gaz sulfureux et les vapeurs acides. Elles peuvent résister, en outre, à l'action de très nombreux liquides, et peut-être n'est-il pas inutile de rappeler ici que l'on englobe usuellement sous le vocable de résistance deux propriétés bien différentes; la première purement chimique, traduit l'absence d'action d'un réactif sur les molécules qui constituent la matière plastique, et elle est parfaitement prévisible par un chimiste qui connaîtrait la structure exacte de la substance étudiée; la seconde est relative à l'inertie physique à l'égard de corps qui pourraient être capables de dissoudre, ou tout au moins de gonfler la matière plastique; c'est là une propriété physique que l'on devine par analogie beaucoup plus qu'on ne la déduit de nos connaissances sur les forces intermoléculaires et le phénomène de solvatation. Enfin les matières plastiques sont des isolants et sont insensibles aux corrosions galvaniques dues aux courants vagabonds du sol.

D'autres propriétés particulières entrent également en ligne de compte, telles que la résistance à l'incrustation de micro-organismes (si par hasard elle avait lieu, on pourrait la détruire par utilisation de réactifs chimiques brutaux, mais sans action corrosive sur certains plastiques, tels que l'acide chlorhydrique) et la résistance aux rongeurs, car si le plomb ne résiste pas longtemps sous la dent des rats, le chlorure de vinyle rigide tient parfaitement.

Enfin, certaines facilités de mise en œuvre désignent tout particulièrement les matières plastiques pour réaliser des installations complexes en des temps qui sont compris entre le tiers et le dixième de ceux que réclament les tuyaux de plomb.

Fabrication des tubes en thermoplastiques par extrusion. — La matière plastique se présente sous forme d'une poudre dont chaque grain contient un certain nombre de molécules géantes linéaires. Une simple compression ne suffirait pas à donner à cet ensemble une structure homogène et mécaniquement résistante. Il faut, par action de la chaleur et de la pression, dérouler ces longues molécules flexibles et les emmêler d'une manière homogène, telle que chaque parcelle de la matière formée soit solidaire de toutes les autres. C'est ce que l'on appelle la *gélification*. Ce travail peut se réaliser sur laminoir, par passage entre deux cylindres tournant en sens inverse, éventuellement à des vitesses différentes pour provoquer une friction, et à une température adaptée à la matière à gélifier : assez haute pour que les mouvements intramoléculaires soient assez importants pour permettre un brassage agglomérant des molécules, mais assez basse pour qu'il n'y ait pas décomposition thermique. C'est au cours de ce travail sur laminoir que l'on introduit d'habitude les « plastifiants » qui modifient la souplesse de la matière terminée, les pigments ou colorants, les charges et éventuellement les stabilisants, corps chimiques qui inhibent l'action destructrice de la chaleur ou de certains agents chimiques.

La substance gélifiée peut être ensuite broyée ou découpée en petits cubes qui constituent une *poudre à mouler*. Il suffit en effet de les comprimer à chaud, sans autre travail mécanique, pour obtenir l'objet final désiré.

Dans le domaine des tuyaux, il s'agit de fabriquer un profilé continu auquel se prêtent mal les procédés usuels de moulage, d'où l'idée d'utiliser une *boudineuse* (fig. 3) pour réaliser à partir de poudre à mouler, une *extrusion* continue d'un profil choisi à l'avance.

Constituée par une sorte de vis d'Archimède, tournant dans un corps cylindrique chauffant, la boudineuse a pour mission de ramollir la substance et de la porter à la température à laquelle elle est susceptible de s'agglomérer, puis de la comprimer tout en la malaxant, et de la forcer à travers une filière; refroidi dès la sortie, le tube est terminé sans autre opération ultérieure que son tronçonnement. Mais il est évidemment possible de demander plus à une telle machine. Si on la conçoit de manière à augmenter le malaxage et la pression, elle pourra effectuer une partie et souvent même la totalité des opérations que nous avons vu précédemment se réaliser sur laminoir. La boudineuse est donc un instrument mixte destiné à provoquer à la fois la gélification et la mise en forme. Dans certains cas, on n'utilise la boudineuse que pour accom-

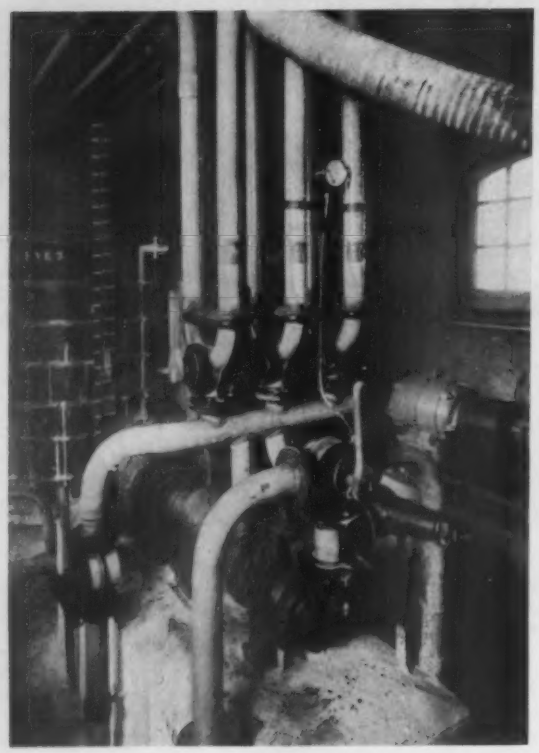


Fig. 2. — *Canalisations en « Afcodur » pour liquides acides.*
(Photos Société Minerais et Métaux).

plir l'une ou l'autre de ces missions, et sa construction dépend étroitement du but à atteindre.

La vis est la partie essentielle de la boudineuse, mais elle diffère d'une vis d'Archimède ordinaire par le fait que le volume libre varie de sa racine à son extrémité. Les solutions adoptées appartiennent à 3 types :

— vis cylindrique à pas constant et à noyau conique;
— vis cylindrique à pas dégressif et à noyau constant;
— vis à pas constant et à extérieur conique; ce dernier type est le plus répandu.

Les efforts que supporte cette vis sont considérables : il s'agit, en fait, d'un véritable vérin. La poussée axiale est absorbée par des butées à rouleaux de forte taille. La transmission du mouvement à la vis se fait en général par un ensemble, vis sans fin et roue dentée tangente, commandé par un moteur puissant, par l'intermédiaire de réducteurs qui permettent d'adapter la vitesse de travail à la nature du profil à sortir et à la plasticité de la matière.

Le corps à l'intérieur duquel tourne la vis est chauffé par un certain nombre d'éléments électriques en général, plus rarement par la vapeur ou par des fluides tels que le *dow-therm* (mélange d'oxyde de phényle et de diphényle). L'écart entre la vis et le corps qui l'entoure varie de la racine à la tête où il est minimum. Le réglage est d'ailleurs relativement facile, avec les vis à extérieur conique. Certaines boudineuses comportent plusieurs vis, tournant ensemble dans une même chambre de section complexe. La forme de la filière pose des problèmes très délicats, car il faut éviter les angles morts dans lesquels les matières plastiques risqueraient de griller, c'est-à-dire de se décomposer chimiquement. Dans le cas des profils creux tels que les tubes, la filière comporte un poinçon ou torpille, autour duquel s'écoule la matière, le poinçon lui-même étant fixé sur le corps de la tête de boudineuse par des « croisillons » aussi fins que possible, pour que leur sillage ne laisse aucune trace dans l'objet extrudé.

Les machines actuelles sont extrêmement variées : certaines permettent le gainage des fils électriques, qui sont amenés dans l'axe de la tête de sortie; d'autres sont équipées pour faire des joncs multicolores, avec plusieurs filières débitant dans une même boudineuse secondaire; d'autres enfin permettent la formation de pellicules fines qui peuvent être en outre étirées à la sortie. Les puissances mises en jeu varient d'environ 1 ch jusqu'à plusieurs dizaines de chevaux. Une boudineuse capable d'extruder un profil de 100 mm de diamètre sera usuellement de 25 à 30 ch. Les vitesses de rotation des vis dépendent de la substance à travailler; elles sont en général comprises entre 10 et 60 t/mn.

Autres modes de fabrication des tubes. — S'il s'agit de tubes de très gros diamètres, il est en général difficile d'utiliser une boudineuse, dont les possibilités maximales actuelles sont de l'ordre de 20 cm. On préfère utiliser des feuilles que l'on roule et que l'on soude. Cela n'est pas possible évidemment dans le cas des thermo-durcissables [1]. Ce n'est pas possible non plus lorsque l'on veut fabriquer un tube *complexe*, c'est-à-dire comportant plusieurs couches de matériaux différents; c'est ce cas particulier des polyesters armés de fibre de verre que nous allons étudier maintenant [2].

La réalisation d'un complexe résine + fibre de verre suppose l'imprégnation d'un tissu ou d'un « mat » de fibre de verre par une solution de polyester dans le styrène. Le solvant de cette solution visqueuse est polymérisable et, sous l'influence de certains catalyseurs, il peut se transformer en une matière plastique à molécules linéaires, donc thermoplastiques. Si le polyester présente des liaisons multiples, et en particulier des doubles liaisons entre atomes de carbone, le styrène pourra copo-

1. Rappelons qu'on distingue deux types de matières plastiques : les *thermoplastiques* qui se ramollissent chaque fois qu'on les porte à une température déterminée et les *thermodurcissables* qui durcissent définitivement dès leur premier passage à une température convenable.

2. Voir : Les polyesters, par Pierre Pigassou, *La Nature*, mars 1955, p. 86, et avril 1955, p. 128.

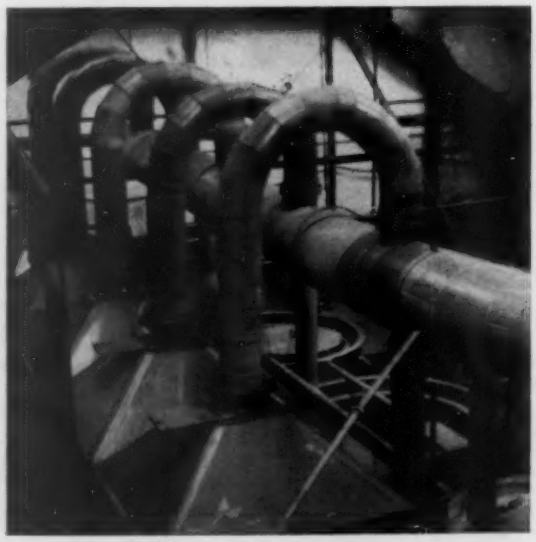


Fig. 3. — *Canalisations d'aspiration de vapeurs acides.*

lymériser, c'est-à-dire s'unir au polyester en ouvrant ces doubles liaisons. L'édifice moléculaire final sera donc réticulé, plus exactement il s'étendra à toutes les directions de l'espace, et la substance obtenue sera thermodurcie. La fabrication de tuyaux en polyester suppose donc la fabrication continue d'un tube de fibre de verre que l'on imprègne d'une solution polymérisable par la suite. Cette polymérisation dure plusieurs minutes, ce qui impose l'existence d'un tunnel assez long au sortir du métier d'imprégnation. De nombreux appareillages se sont développés tout récemment dans ce but, mais aucun ne semble parfaitement au point.

Une autre solution, très commode mais de caractère artisanal, utilise un tube dilatable comme mandrin, sur lequel on enroule le tissu de verre ou le « mat »; il suffit de dégonfler le tube âme après polymérisation pour obtenir le tube polyester par tronçons de l'ordre de 4 m.

Les polyesters formés dans les conditions ordinaires de pression présentent souvent l'inconvénient d'être poreux. D'autre part la résistance des polyesters aux acides n'est pas absolue. A ces défauts on a remédié par la confection de tubes mixtes : une âme de polyéthylène ou de chlorure de vinyle inerte et imperméable est armée extérieurement par une enveloppe de stratifié qui apporte à l'ensemble sa propre résistance mécanique.

Utilisation des tubes en matières plastiques. — Si l'utilisation des tubes thermodurcis (polyesters, bakélite, etc.) suppose des assemblages mécaniques par brides, boulons et joints souples, au contraire les tubes thermoplastiques permettent des techniques d'assemblage beaucoup plus simples, qui sont un élément de leur succès. Par ramollissement à chaud, il est en effet possible de les manchonner, assemblage qui est indestructible pour peu que l'on ait pris soin de l'enduire d'une colle convenable ou de le détremper superficiellement, au moyen d'un solvant approprié. D'autre part, les coudes sont obtenus sans peine, en traitant par la chaleur le tube rempli auparavant de sable. Enfin, il est possible de souder la plupart des thermoplastiques au moyen d'un jet d'air chaud qui apporte les calories et d'un cordon de soudure de composition chimique identique à celle du tube qui apporte l'excès de substance nécessaire pour la solidité de l'ensemble (fig. 4 et 5).

Fig. 4. — Cintrage des tubes « Afcodur ».

Fig. 5. — Soudure de tubes « Afcodur » au chalumeau à air chaud.

Choix des matières plastiques. — Ce choix dépend essentiellement du but à atteindre. Le polyéthylène, étant un pur hydrocarbure thermoplastique, est très résistant à la plupart des agents chimiques à l'exclusion des oxydants énergiques. Par ailleurs, sa résistance mécanique peut être insuffisante et les rongeurs ont prise sur lui. On l'utilisera toutes les fois que ne se posent pas des questions de température ni de pression; toutes les fois aussi qu'une innocuité absolue est nécessaire, le polythène ne contenant aucun adjuvant, si peu toxique que ce soit. Dans le travail du polyéthylène, il faut prendre garde aux phénomènes d'orientation que peuvent subir les molécules par extrusion; éventuellement, on appliquera aux tubes finis des traitements thermiques sans en autoriser le retrait.

Le chlorure de polyvinyle est beaucoup plus résistant à l'oxydation, plus solide mécaniquement, possède un point de ramollissement plus élevé, mais il est quelquefois mélangé à des adjuvants (stabilisants) qui pourraient être toxiques s'ils étaient extraits en totalité par le fluide que ces tubes transportent. Des essais et des spécifications sont donc parfois à étudier dans ce domaine (cas des huiles alimentaires) mais on peut affirmer que ce problème ne se pose pas dans le cas de l'alimentation en eau potable. Parmi les plastiques au chlorure de polyvinyle qui sont utilisés, on peut citer, en France, le Lucflex de la Société de Saint-Gobain, le Flexodur et le Semiflex de la Société Flexone, l'Afcodur de la Société Péchiney.

Les polyesters ont une moindre résistance chimique, mais leur résistance mécanique est exceptionnelle, même à une température dépassant nettement 100° C.

Il ne faut donc pas croire que n'importe quel plastique permet de réaliser un tube pour n'importe quel usage. Le problème de la fragilité au froid, par exemple, mérite d'être étudié avec soin, car la nature chimique de la matière utilisée n'est pas seule en cause, et les traitements thermiques qu'elle a subis peuvent influer grandement sur ses propriétés.

L'utilisation des tubes en matière plastique se développe très rapidement, non sans déboire aucun. Nombre d'erreurs de conception initiales imposent par la suite une révision du choix de la substance. Ces tâtonnements s'observent au début de toute application d'une famille de produits encore peu connus.

L. P. et M. V.

Énergie géothermique et eau lourde en Nouvelle-Zélande

La moitié de l'énergie électrique italienne d'origine thermique provient, on ne le sait pas toujours, de l'utilisation des *suffioni* (« soufflards », en français) de Toscane; il s'agit d'un dégagement de vapeur d'eau issue de brèches volcaniques. Ces geysers atteignent jusqu'à 30 m de hauteur.

A cet égard, l'Ile du Nord de la Nouvelle-Zélande est encore plus riche. Tandis que la pittoresque Ile du Sud est aussi « l'Ile de Jade », les manifestations volcaniques ont fait surnommer l'Ile du Nord « l'Ile fumante ». Le mont Ruapehu y atteint 2 803 m. On sait que cette région est parsemée de cratères éteints, de pitons de laves, de lacs bouillants, de sources de boue, de geysers innombrables. Des jets de vapeur s'échappent en certains endroits. Les indigènes y font cuire leurs aliments et bouillir leur thé. Aussi apparut-il intéressant, à la lumière des travaux italiens que les ingénieurs de l'armée néo-zélandaise avaient pu observer en 1944-1945, d'essayer de tirer parti de cette énergie perdue.

Le Dominion fait une consommation élevée d'énergie électrique; la consommation par habitant est du même ordre qu'aux États-Unis et dépasse de loin le niveau britannique. Mais les possibilités d'équipement hydraulique sont limitées dans l'Ile du Nord; il n'y existe pas de gisement houiller. Les usines en service (lac Waikaremoana, groupe de la Waikato River) ne peuvent être complétées que difficilement. D'ailleurs, des raisons esthétiques s'opposent à l'aménagement des chutes Huka et des rapides Aratiatia. Certes, il est toujours possible de songer à faire venir du courant électrique de l'Ile du Sud, où les chutes d'eau, les glaciers, une pluviosité abondante permettent un développement illimité de la houille blanche. Mais le détroit de Cook, large de 25 km, sépare les deux Iles néo-zélandaises. Il ne serait pas impossible cependant de surmonter les difficultés techniques de transport du courant; après tout, le détroit de Cook est moins large que le Pas-de-Calais.

Mais pourquoi ne pas utiliser sur place l'énergie géothermique? L'exemple italien a encouragé les pionniers du projet actuel : il y a cinq ans que le premier forage a été effectué. L'entreprise s'est révélée parfaitement réalisable et rentable. En outre, la situation est particulièrement favorable à la production de l'eau lourde et un accord a été conclu à ce sujet entre les gouvernements britannique et néo-zélandais.

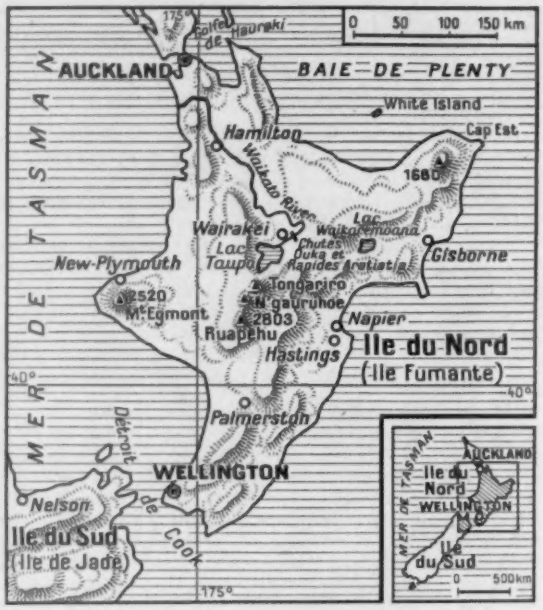


Fig. 1. — *Région volcanique de la Nouvelle-Zélande.*
(D'après *The Times Review of Industry*).

En Toscane (Larderello et Castelnuovo), le forage s'effectue à travers des terrains « froids » jusqu'au chapeau rocheux qui maintient la nappe de vapeur sous pression; les pressions sont relativement faibles, et le diamètre de chaque conduit va de 20 à 15 pouces (0,50 m à 0,38 m); la vapeur est plus sèche qu'en Nouvelle-Zélande. Ici, au contraire, le sol est chaud en surface même, et les pressions sont fortes, dès la profondeur de 30 m; des précautions doivent être prises contre l'éruption possible de vapeur bouillante. Les alentours du forage sont renforcés par des injections de ciment en vue de fournir une assise solide.

Plusieurs conduits d'acier sont enfoncés progressivement et successivement dans le sol : le premier (diamètre 12 pouces, soit 0,30 m) est enraciné dès qu'il a atteint la profondeur de 30 m. Le conduit suivant (10 pouces) est introduit et poussé jusqu'à 150 m; puis c'est le tour du conduit de 8 pouces, que l'on descend jusqu'à 600 m et davantage, parfois près de 1 000 m. L'opération est ensuite continuée jusqu'à ce qu'on trouve une fissure dans la roche, donnant la liberté à la vapeur contenue sous des pressions extrêmement élevées. Tandis qu'en Toscane, la vapeur renferme une assez forte proportion de gaz et de produits chimiques, en Nouvelle-Zélande elle est remarquablement pure. Aussi ne se pose-t-il aucun problème de corrosion; la longévité des turbines italiennes (20 ans) sera sans doute dépassée ici.

Il est difficile de préciser combien de kWh sont susceptibles d'être tirés de l'exploitation rationnelle. Des geysers, fumerolles, sources d'eau chaude qui parsèment l'Ile du Nord, on

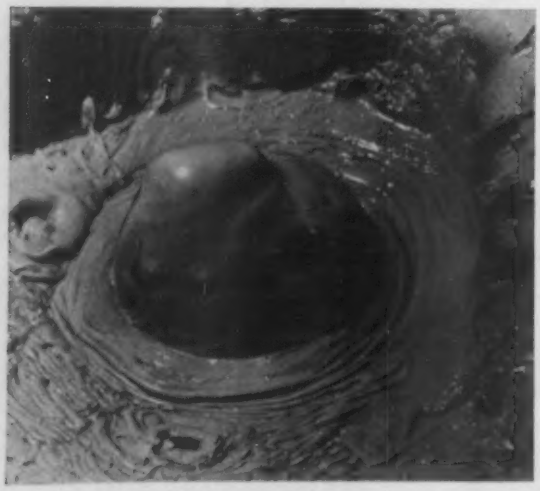


Fig. 2. — *Boue en ébullition à Whakerewarewa, près de Rotorua.*
(*Photo Légation de Nouvelle-Zélande*).

Fig. 3 *(ci-contre).* — ***Geyser près de Rotorua.***

A l'occasion des Jeux de l'Empire britannique de 1950 à Auckland, des athlètes visitent les sources et geysers de l'île du Nord.

(Photos aimablement communiquées par la Légation de Nouvelle-Zélande à Paris).

Fig 4 *(ci-dessous).* — ***Source chaude à la base du cratère de White Island.***

Un chimiste prélève de l'eau pour analyse.

déduit que cette production correspondrait à une installation de l'ordre de 100 000 kW pour la seule zone actuellement étudiée, celle de Wairakei. Mais la région volcanique s'étend sur 7 000 km², des massifs en activité du centre de l'île (Ruapehu, N'gauruhoe, Tongariro) aux plaines du nord et au volcan actif de White Island, au large (fig. 4). On espère que le chiffre de 100 000 kW sera de beaucoup dépassé. Une station-pilote de 40 000 kW va être installée à Wairakei.

L'extraction de l'eau lourde. — *La Nature* a annoncé (mars 1955, p. 112) que la première pile atomique britannique comportant de l'eau lourde comme ralentisseur de neutrons venait d'entrer en service au Centre de Recherches nucléaires de Harwell. Cette information peut être mise en relations avec une autre, qui annonce l'installation d'une usine d'extraction de l'eau lourde des sources chaudes naturelles de Wairakei.

Rappelons que l'hydrogène naturel contient une faible proportion d'hydrogène lourd ou deutérium ^2H ou ^2D, dont le poids atomique est environ le double de celui de l'hydrogène ordinaire, puisqu'au proton qui forme le noyau de celui-ci s'y ajoute un neutron de masse sensiblement égale. L'eau naturelle, du point de vue de la nature de l'hydrogène qui la compose, est donc un mélange de trois sortes de molécules : H_2O, HDO et D_2O. En moyenne, la concentration de l'eau lourde dans les eaux naturelles est de 1/6 000. Sa densité, d'après les mesures de divers auteurs, s'établit à $1{,}10775 \pm 0{,}00016$. Elle bout à 101,41° C. Enfin son degré de dissociation électrolytique est un peu inférieur à celui de l'eau ordinaire. Elle se concentre donc dans les cellules d'électrolyse et c'est d'ailleurs ainsi qu'elle a été découverte. C'est cette propriété qui est mise à profit généralement dans les usines qui la fournissent; elle est ensuite purifiée par fractionnement.

On peut aussi l'extraire par distillation fractionnée. On a constaté que par suite de son évaporation un peu moins rapide, la surface des océans en était plus riche que les profondeurs. Mais la séparation par distillation pose des problèmes techniques difficiles, étant donné le très faible écart des points d'ébullition des deux constituants.

En novembre 1954, des membres du Congrès des États-Unis, faisant partie du Comité de l'énergie atomique, ont, accompagnés d'experts, visité Wairakei. Le financement de la construction des installations de production d'eau lourde doit être assuré par la Grande-Bretagne et la Nouvelle-Zélande seules, qui ont déjà voté un crédit de 6 millions de livres.

L'usine de Wairakei sera équipée de tours de rectification conçues par les ingénieurs de la Chemical Engineering Division du centre de Harwell. L'ensemble des installations sera comparable à celui d'une importante raffinerie de pétrole. La mise en marche de l'usine est prévue pour 1958.

Étant donné la température de la source naturelle utilisée qui épargnera du combustible et la perfection de l'appareillage, on escompte un prix de revient inférieur à celui des procédés électrolytiques utilisés en Norvège et aux États-Unis, qui est de l'ordre de 200 000 dollars par tonne.

Espace vital et territoire chez les Reptiles

La notion de territoire a été définie par les Ornithologistes à la suite de nombreuses observations sur le comportement des Oiseaux dans leurs biotopes. Il est bien connu que dans la plupart des espèces les individus défendent vis-à-vis de leurs congénères non seulement l'emplacement de leur nid mais encore les endroits où ils ont l'habitude de s'abriter ainsi que ceux où ils trouvent leur nourriture. Le territoire a donc été défini comme un emplacement limité, jouissant d'une utilité biologique et défendu par son occupant contre les individus de même espèce. Cette notion apparaît bien distincte de celle d'espace vital [1]; l'espace vital est une zone régulièrement fréquentée par un individu ou un groupe d'individus, qui n'est pas la propriété exclusive de ses occupants et n'est pas défendue contre leurs congénères. La différence essentielle entre le territoire et l'espace vital réside donc dans une intolérance des individus les uns par rapport aux autres, qui se manifeste soit de façon continue, soit de façon temporaire. Ces notions cadrent assez facilement avec ce que l'on sait chez les Mammifères; par contre chez les Reptiles, dont l'éthologie diffère beaucoup de celle des Vertébrés supérieurs, les choses apparaissent avec moins de netteté.

L'espace vital. — L'étude du comportement des Reptiles dans leur biotope permet de définir deux catégories : les erratiques et les sédentaires; ces modes de vie différents influent sur les caractéristiques de leur espace vital.

Les formes erratiques sont rares et n'ont été signalées jusqu'à présent que chez quelques Serpents. On connaît diverses espèces qui errent absolument au hasard et se déplacent tous les jours sur des distances parfois considérables tant que les conditions écologiques demeurent favorables. Un tel mode de vie a été signalé par Mosauer (1933) pour un crotale désertique d'Amérique du Nord, *Crotalus cerastes;* il a été observé chez des Vipéridés sahariens *(Aspis vipera, A. cerastes)* (fig. 1) dont les déplacements quotidiens, sans but apparent, atteignent parfois durant l'été plusieurs kilomètres (observations inédites de Petter, Gauthier et Saint-Girons). Il est prématuré, étant donné le nombre trop restreint d'observations relatives à un tel mode de vie, de chercher à en donner une explication. Son déterminisme est lié à l'action de facteurs écologiques variés dont l'étude nécessite une analyse précise. Toutefois, si le comportement de ces formes erratiques s'oppose à toute idée de territorialité, par contre il répond à la définition de l'espace vital. Celui-ci est alors caractérisé par son étendue considérable et l'absence de limites précises : c'est l'espace vital du type erratique.

La sédentarité est le fait de la majorité des Reptiles, dont les activités quotidiennes se manifestent dans les limites d'un espace plus ou moins restreint qu'ils n'abandonnent que dans la mesure où interviennent des facteurs défavorables (surpopulation, pénurie alimentaire, abondance des prédateurs, modifications profondes du biotope...). La sédentarité apparaît comme un facteur limitatif entraînant une réduction de l'étendue de l'espace vital qui varie d'ailleurs selon les espèces envisagées. Si les lézards ont un espace vital qui semble en général assez restreint, du moins dans l'état actuel de nos connaissances, chez les Serpents, qui ont fait l'objet d'observations plus nombreuses, on constate des différences marquées. Stickel et Cope (1947) et Fitch (1949) ont signalé chez divers Colubridés *(Coluber, Elaphe, Thamnophis)* et chez *Crotalus viridis oreganus* un comportement de vagabondage qui fait que ces espèces se déplacent au hasard sur des espaces relativement vastes sans présenter, semble-t-il, de centre d'activité déterminé. L'étude de l'espace vital de ces formes peut, à première vue, le faire assimiler à celui des formes erratiques, mais il en diffère, ainsi que l'ont montré les expériences de marquage, par sa continuité dans le temps. Stickel et Cope ont constaté que l'ampleur des déplacements annuels ne différait pas de celle des déplacements quotidiens. A côté des espèces à espace vital vaste, il en est d'autres où il est remarquable par l'exiguïté de ses dimensions; c'est le cas par exemple de l'Aspic *(Vipera aspis)*. Saint-Girons (1952), qui a effectué de nombreuses observations à ce sujet, a montré que les dimensions étaient comprises entre 5 et 90 m² selon les circonstances.

Dans le groupe des Chéloniens on trouve des faits du même ordre. Cagle (1944), étudiant l'activité des tortues palustres, constate que certaines d'entre elles *(Pseudemys, Chrysemys)*

Fig. 1. — *La vipère saharienne à cornes* Aspis cerastes.
Exemplaire photographié à Gabès (Tunisie) (*Photo* R. Duguy).

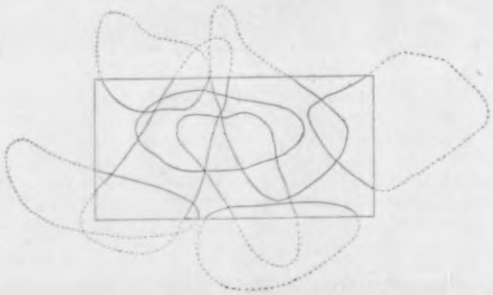


Fig. 2. — *Superposition des espaces vitaux de huit individus mâles de la tortue terrestre américaine* Terrapene carolina.
Le rectangle correspond à la surface étudiée : 5 acres (2 ha environ).
(D'après Lucille F. Stickel, *Ecological monographs*, octobre 1950)

1. Voir à ce sujet : *La Nature*, juin 1955, p. 236. Pour les Oiseaux l'espace vital n'a pas été distingué du territoire.

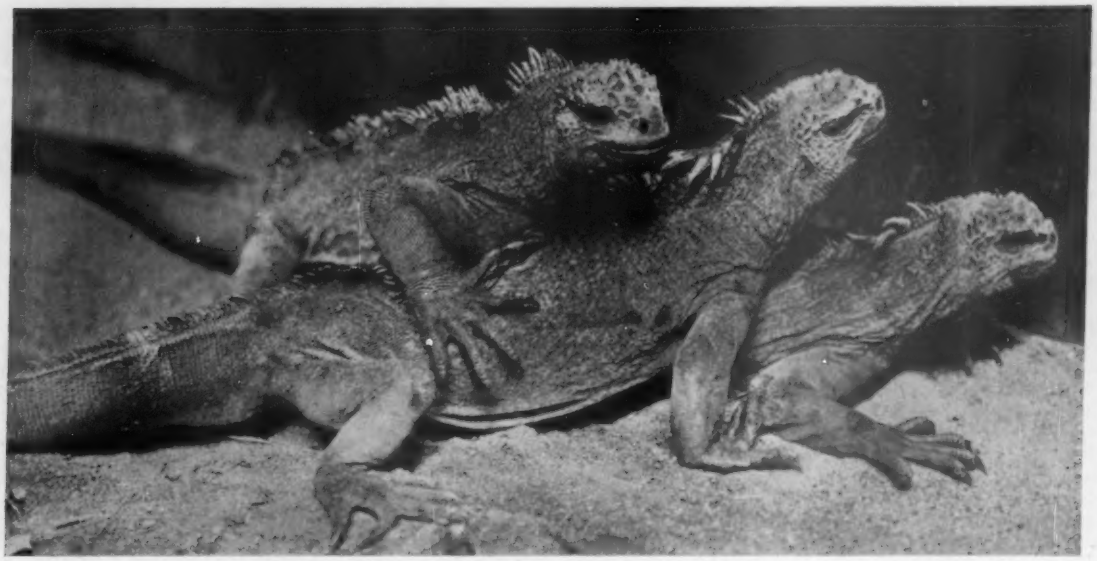


Fig. 3. — *L'Iguanidé américain* Amblyrhynchus cristatus (*Photo New-York Zoological Society*).

possèdent un espace vital qui inclut plusieurs collections d'eau éloignées les unes des autres. Pour les formes terrestres Nichols (1939) et L. F. Stickel (1950) ont mis en évidence chez *Terrapene carolina* des déplacements dans un rayon de 250 à 400 m environ (fig. 2 et 4), tandis que chez une forme subdésertique, *Gopherus agassizii*, l'espace vital selon Woodbury et Hardy (1948) est compris entre 400 et 4 000 m².

Ces variations parfois importantes de l'étendue de l'espace vital sont, en plus de facteurs individuels, liées à des facteurs écologiques tels que l'abondance de la nourriture et la distance qui sépare l'abri des emplacements d'insolation par exemple. Comme il l'a été constaté pour les Vertébrés supérieurs, le milieu désertique entraîne une extension de l'espace vital; plus le biotope est découvert et la nourriture éparse, plus la surface parcourue par l'espèce est grande (Blanchard et Finster, 1947; Woodbury et Hardy, 1948). Le mode de chasse joue aussi un rôle important : les espèces qui chassent le plus souvent à l'affût (*Vipera*, *Coronella*, *Macroprotodon*) se contentent d'un espace vital beaucoup plus restreint qu'une couleuvre qui vagabonde à la recherche de ses proies (*Natrix natrix*, *Coluber*, *Malpolon*, *Thamnophis*).

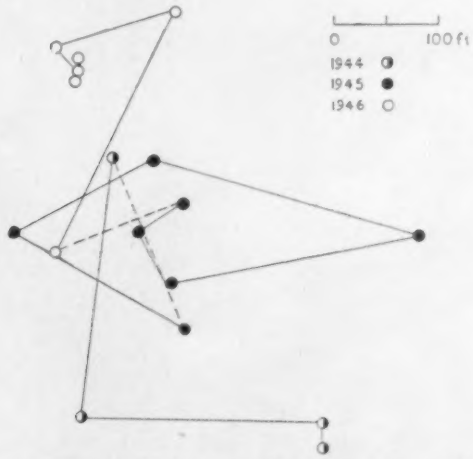


Fig. 4. — *Déplacements d'une tortue* Terrapene carolina *en trois ans.*
Les traits continus joignent les points atteints en une même saison ; les traits interrompus joignent les points observés d'une année à l'autre. Les 100 pieds de l'échelle correspondent à un peu plus de 30 m.
(D'après Lucille F. Stickel, *op. cit.*).

L'espace vital est parfaitement connu par son occupant; une vipère dérangée à l'intérieur de ses limites gagnera directement son abri sans aucune hésitation, même si pour cela elle doit passer au voisinage de l'agent perturbateur. Par contre, hors des limites elle fuit au hasard avant de trouver un emplacement propice où elle puisse s'abriter. Les déplacements ne sont pas limités à l'espace vital; les individus peuvent s'en éloigner plus ou moins à certaines périodes, mais ils y reviennent toujours.

Cette faculté de retour au gîte, mise en évidence par de nombreuses expériences, s'observe non seulement au cours de l'année mais encore d'une année à l'autre; elle implique une certaine mémoire topographique. Saint-Girons a montré que des *Vipera aspis* maintenues en captivité durant 267 jours reconnaissent leur espace vital à moins de changements importants dans son aspect général.

Le comportement réciproque des individus à l'intérieur de l'espace vital est sous la dépendance de caractéristiques spécifiques, l'instinct grégaire ou l'instinct individuel. Le grégarisme est assez mal connu chez les Reptiles, il détermine des rassemblements d'individus, indépendamment de causes locales, les facteurs écologiques de groupement sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir. L'un des exemples les plus typiques est celui du lézard *Ameiva chrysolema* qui vit en colonie plus ou moins abondante dans un espace vital propre à l'ensemble des individus. Il est très vraisemblable également que l'instinct grégaire joue un rôle dans la persistance des harems d'*Amblyrhynchus cristatus* (Schmidt, 1935) (fig. 3).

L'individualisme est beaucoup plus fréquent chez les Reptiles qui, toutes les fois que les conditions le permettent, vivent isolés les uns des autres. Cette tendance à l'isolement est souvent masquée par les facteurs écologiques de groupement. C'est

ainsi qu'Evans (1938) a montré que dans certaines conditions (exiguïté du biotope) *Anolis carolinensis* (fig. 7) semble vivre en colonie, alors que si les conditions le permettent les individus s'isolent constamment; Fitch (1940) a fait des constatations analogues avec *Sceloporus occidentalis* ; dans les peuplements dispersés, les espaces vitaux des individus sont toujours séparés les uns des autres. Il en est de même chez les Tortues et surtout chez les Serpents qui font preuve d'un individualisme très marqué. Stickel et Cope (1947) l'ont mis en évidence expérimentalement pour diverses espèces de Colubridés, Saint-Girons (1952) a fait des observations concluantes avec *Vipera aspis* dont l'individualisme très accusé l'empêche de supporter toute promiscuité.

Il s'ensuit qu'un biotope donné présente un taux de population qui est en partie fonction de la limite inférieure d'étendue de l'espace vital des individus, ainsi, semble-t-il, que du nombre des places d'insolation favorables. En cas de surpeuplement par apport d'individus nouveaux, on constate une émigration qui n'intéresse pas exclusivement les nouveaux arrivants mais aussi, bien qu'à un moindre degré, les anciens résidants, sans considération de taille, de sexe, d'âge ou d'ancienneté d'habitat. Ce sont les individus les plus actifs ou ceux qui supportent le moins la promiscuité qui émigrent les premiers. Une telle émigration n'est pas liée à une question alimentaire et elle n'est jamais accompagnée de manifestations d'intolérance agressive.

L'isolement, conséquence de l'individualisme, peut rarement se manifester dans la plénitude; aussi constate-t-on le plus souvent que les espaces vitaux de divers individus se recoupent ou se chevauchent les uns les autres (fig. 5). Une telle intrication

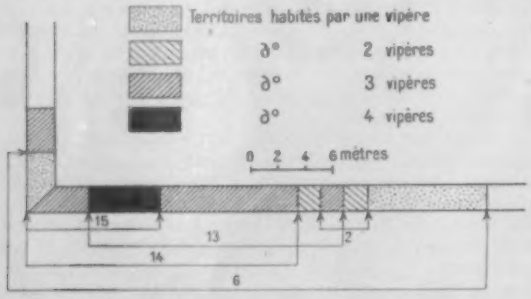


Fig. 5. — *Espaces vitaux de plusieurs* Vipera aspis *le long d'un talus.*
Les espaces vitaux de plusieurs individus de la vipère Aspic de nos régions se chevauchent comme le montre ce schéma : les chiffres correspondent aux numéros affectés par l'observateur aux individus étudiés. On voit que les divers individus ont des espaces vitaux très inégaux.
(D'après H. Saint-Girons).

peut donner une impression superficielle de vie en groupe et cependant tel n'est pas le cas, chaque individu demeure dans l'espace qu'il a choisi, son centre principal d'activité est distinct de celui de ses voisins et ce n'est que très rarement que l'on observe des cas de cohabitation (Chéloniens). Enfin, il est important de noter que cet isolement n'est jamais le fait de luttes correspondant à des manifestations agressives d'intolérance intraspécifique; au contraire, la tolérance sociale est en général totale de la part d'individus voisins (Stickel, 1950).

Ainsi l'espace vital des Reptiles apparaît sous un double aspect, d'une part celui qui est réalisé pour les formes erratiques et dont les caractéristiques sont encore assez imprécises, d'autre part celui des formes sédentaires, renforcé par la notion d'individualisme et qui peut être défini comme une zone limitée dans l'espace et continue dans le temps, parfaitement connue et ne donnant jamais lieu, dans les conditions normales, à des manifestations d'intolérance intraspécifique.

Le territoire. — L'intolérance intraspécifique liée au territoire est considérée comme le critère de celui-ci.

Une intolérance intraspécifique fondamentale, cause d'une hostilité permanente entre les individus quel que soit leur sexe, semble rare dans le règne animal. C'est sur son compte peut-être qu'il faut mettre le comportement des Caméléons qui, réunis en captivité, se livrent des combats qui peuvent aller jusqu'à la mort de l'un des antagonistes. Malheureusement, on ne possède aucun renseignement sur le comportement de ces formes dans la nature.

La période de reproduction déclenche chez la plupart des Vertébrés des manifestations agressives, causes d'une intolérance sexuelle intraspécifique, variable selon les formes et modifiant profondément leur comportement normal. Chez les Vertébrés supérieurs, la période de reproduction n'est pas exclusivement limitée à l'accouplement, elle comporte une période plus ou moins prolongée de nidification et d'élevage des jeunes, au cours de laquelle les manifestations de l'intolérance sexuelle déterminennt un comportement territorial parfois très strict. Chez les Reptiles, dont les œufs sont abandonnés dans la nature, la période de nidification et d'élevage des jeunes n'existe pas et la phase reproductrice est limitée à l'accouplement; elle n'est donc pas liée à un emplacement déterminé et ne donne pas lieu à une compétition alimentaire. L'intolérance sexuelle, qui se manifeste par une agressivité entre individus et plus particulièrement entre les mâles, est souvent saisonnière mais peut aussi, en particulier chez de nombreux lézards, être continue avec une simple recrudescence au moment du rut. Elle n'est en aucun cas limitée à l'espace vital mais se manifeste aussi hors de ses limites.

Bien que les recherches expérimentales soient encore peu nombreuses et n'aient porté que sur un nombre restreint d'espèces, les travaux d'Evans, Greensberg et Noble ont mis en évidence un support endocrinologique certain à l'intolérance sexuelle. Cette dépendance est d'ailleurs démontrée par l'étroite correspondance entre ses manifestations et le développement des caractères sexuels secondaires, comme on l'observe chez les Iguanidés, les Agamidés et les Lacertidés, familles à dichromatisme sexuel fortement accusé. Toutefois

Fig. 6. — « *Lutte rituelle* » *de deux vipères mâles en Loire-Inférieure.*
Il ne s'agit pas d'une vraie bataille et aucun des deux ne subira de mal.
(*Photo* H. Saint-Girons).

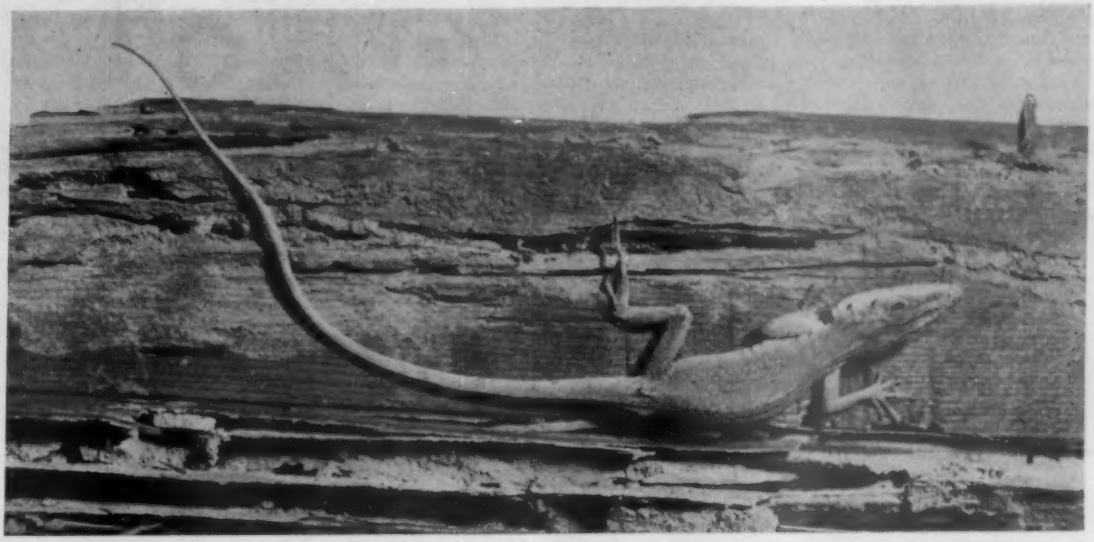


Fig. 7. — *L'Iguanidé américain* Anolis carolinensis *(Photo New-York Zoological Society).*

il ne faut pas généraliser et vouloir limiter l'intolérance sexuelle à l'existence des caractères sexuels secondaires; on l'observe aussi bien chez des formes où ceux-ci sont très discrets et chez des espèces de mœurs nocturnes (Geckonidés).

Les observations relatives aux manifestations de l'intolérance sexuelle chez les Reptiles font ressortir que celle-ci ne constitue pas un facteur prépondérant de territorialité. Chez beaucoup de Serpents, les Natricinés par exemple *(Natrix, Thamnophis)*, l'intolérance sexuelle ne semble pas exister; chez d'autres elle est nettement saisonnière et de courte durée. On a signalé, en particulier chez les Vipéridés, des luttes entre mâles dans la période du rut. Ces luttes, primitivement décrites comme danses d'accouplement, ont fait l'objet d'une mise au point de Lowe (1948) et de Shaw (1951) qui les considèrent comme des manifestations de territorialité. Or ces luttes se déroulent toujours selon le même thème, elles sont ritualisées et n'ont pas pour but, en général l'élimination d'un des antagonistes (fig. 6); en effet elles sont le plus souvent sans aucun résultat concret, le vaincu pouvant s'accoupler avec la femelle, même avant le vainqueur. Toutefois, chez *Coluber viridiflavus*, la lutte entre mâles conduit à l'élimination du vaincu et permet au vainqueur de s'accoupler le premier.

Quoi qu'il en soit, de telles luttes n'ont rien à voir avec un emplacement déterminé, elles se produisent le plus souvent hors des limites de l'espace vital, lors du vagabondage des mâles en quête de femelles. Aussi est-il beaucoup plus vraisemblable qu'elles sont la conséquence d'une surexcitation due à l'état physiologique de l'individu. Cette surexcitation peut être poussée à un très haut degré comme on l'observe chez le Mamba noir *(Dendroaspis angusticeps)* qui, au moment de la reproduction, attaque quiconque approche de sa retraite (Fitzsimons, 1919). Ce comportement est peut-être le fait de la superposition d'une agressivité naturelle et de l'intolérance sexuelle.

L'intolérance sexuelle des Lézards est parfois très accusée; les manifestations agressives qui en sont la conséquence sont caractérisées par des attitudes particulières différentes selon les groupes, qui aboutissent, surtout en présence des femelles, à des combats et à la mise en fuite de l'un des antagonistes. Il paraît difficile d'établir une relation entre la défense du territoire et un tel comportement. En effet ce dernier n'est pas lié à l'espace vital de l'individu et il se manifeste hors de ses limites avec autant d'acuité. Dans les conditions normales, c'est-à-dire celles qui permettent l'établissement d'espaces vitaux, l'intolérance sexuelle renforce cet isolement en raison de l'agressivité entre individus dont elle est une conséquence.

Ainsi l'intolérance sexuelle, qui détermine un comportement que l'on ne doit pas confondre avec celui des préliminaires d'accouplement, revêt des aspects très variés. Pratiquement inexistante chez certaines formes sans dimorphisme sexuel vivant en groupe *(Ameiva chrysolema)* ou même isolées *(Chalcides mionecton)*, elle atteint son maximum chez d'autres (Lacertidés, Iguanidés) et contribue ainsi secondairement à l'isolement des individus. Ces variations d'intensité ne sont que l'expression d'un degré d'excitation physiologique. Miller (1947) a montré que la courbe d'agressivité de *Xantusia* était corrélative de celle de l'évolution testiculaire.

Chez les Chéloniens et les Crocodiliens les combats entre mâles rapportés par divers auteurs relèvent des mêmes causes. Dans quelques rares cas cependant l'intolérance sexuelle aboutit à un comportement plus typiquement territorial. M. Smith (1939) relate que les Najas *(Ophiophagus hannah* et *Naja naja)* mâle et femelle défendent l'emplacement de leur nid. Un comportement analogue a été signalé chez les femelles de Crocodiliens qui montent une garde attentive autour de leur nid et attaquent les intrus; cette intolérance se manifeste non seulement vis-à-vis des congénères mais aussi vis-à-vis des autres espèces. De toute façon l'intolérance sexuelle apparaît comme peu effective dans le comportement territorial des Reptiles.

Les facteurs de groupement. — L'individualisme naturel dont font preuve les Reptiles est parfois contrarié sous l'action de divers facteurs qui entraînent une surpopulation forcée des biotopes. De multiples agents, le plus souvent d'ordre écologique, sont causes d'un tel résutat. Nous laisserons de côté les rassemblements d'hibernation qu in'ont rien à voir dans la question envisagée. Le rôle du facteur alimentaire a été signalé à diverses reprises; Prater (1939) a noté des rassemblements de *Typhlops braminus* sous des débris végétaux où ils trouvaient une nourriture abondante. Le lézard des

îles Galapagos *(Amblyrhynchus cristatus)* (fig. 3), qui se nourrit d'algues marines, se groupe sur les plages d'accès facile (Schmidt, 1935). Evans (1951) a rapporté le cas d'un groupement d'ordre alimentaire chez *Ctenosaura pectinata*, un certain nombre d'individus étant rassemblés sur un mur au voisinage de champs cultivés qui leur assuraient une nourriture abondante.

Les conditions écologiques du biotope constituent d'importants facteurs de groupement : c'est ainsi que les rassemblements importants de tortues aquatiques, pouvant intéresser des espèces et même des genres distincts, sont la conséquence de

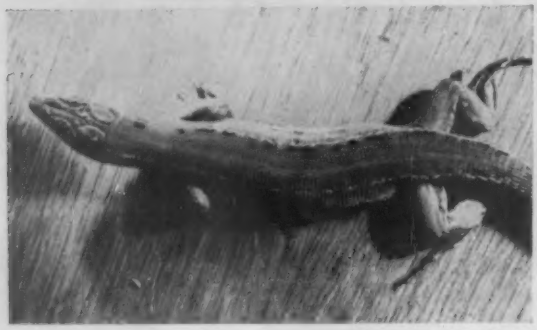


Fig. 8. — *Le Lézard vert* : Lacerta viridis.

Espèce méridionale commune en forêt de Fontainebleau et qui, depuis quelques années, a été observée sur la rive droite de l'Oise, sans doute à la suite de la sécheresse. La coloration la plus fréquente est un vert uniforme ; cet exemplaire porte des séries de taches plus sombres.

(*Photo* G. Prévost).

la rareté des emplacements favorables à l'insolation (Cagle, 1944). Il en est de même en cas de réduction des possibilités d'abri. Dans les régions subdésertiques d'Afrique du Nord les buissons épars sur les zones dénudées constituent de puissants pôles d'attraction pour les Agames et le Lézard ocellé. Noble et Clausen (1936) ont étudié l'influence de la température et de l'humidité sur l'agrégation de diverses espèces de serpents.

Il est bien évident que ces facteurs de groupement entraînent d'importantes modifications dans les relations entre individus, en particulier par leur interaction avec les manifestations de l'intolérance sexuelle. Lorsque celle-ci est très forte et continue, elle annule totalement l'influence des facteurs de groupement. Ainsi dans les petits buissons des régions steppiques d'Afrique du Nord il n'existe le plus souvent qu'un seul mâle de Lézard ocellé, lequel a mis en fuite tous les autres. Cette élimination d'individus de biotopes favorables peut entraîner la mort des éliminés, qui sont contraints de vivre dans des conditions défavorables. Cette notion joue donc un rôle dans l'étude physiologique des populations.

Lorsque l'intolérance est d'intensité moyenne, elle aboutit à une hiérarchisation. L'un des mâles du groupement devient dominant sur les autres, c'est-à-dire qu'il peut circuler sur le domaine de ces derniers sans déclencher de manifestations agressives. L'établissement de ces relations de dominance-subordination est le résultat des luttes consécutives aux premières rencontres et au cours desquelles le mâle le plus intolérant a affirmé sa suprématie. Il est évident que les mâles les plus grands ont un avantage dans l'établissement de leur dominance; Greenberg et Noble (1944) ont montré que si le poids des individus joue un rôle certain, l'état sexuel entre aussi en ligne de compte. Ainsi chez *Anolis* ils ont pu constater à la fin de la période du rut l'élimination de grands mâles dominés par de jeunes mâles dont l'agressivité était entretenue, soit par une prolongation de l'activité hormonale, soit par un rut tardif.

Le type de hiérarchisation est en partie fonction de l'étendue du biotope. Lorsque celle-ci est restreinte, et en particulier ne dépasse pas la surface de l'espace vital habituel d'un individu, la hiérarchie intéresse l'ensemble de la colonie. Tel est le cas relaté par Evans pour *Ctenosaura pectinata*. L'un des mâles dominant tous les autres pouvait circuler impunément sur l'ensemble du biotope du groupement considéré; pour les autres mâles il s'était constitué une série de dominance-subordination permettant le déplacement sur des surfaces de plus en plus réduites. Ce type de hiérarchie en série avec un tyran au sommet a été signalé à diverses reprises, par Evans (1946) chez *Sceloporus*, par Olivier (1948) chez *Anolis;* il est facile de le réaliser expérimentalement par élevage en milieu restreint [1].

Lorsque la surface du biotope est suffisamment vaste et surtout excède les dimensions de l'espace vital, on constate l'apparition de hiérarchies localisées, indépendantes les unes des autres et d'aspects divers. Dans les colonies de *Lacerta muralis* la dominance-subordonation n'apparaît qu'entre individus dont les domaines sont suffisamment proches pour que les chances de rencontre soient assez fréquentes; pour ceux dont les domaines sont éloignés ces chances de rencontre sont pratiquement nulles, les facteurs de groupement ne jouant plus.

La hiérarchisation n'est pas le propre des mâles chez les Lézards, on en connaît plusieurs exemples chez les femelles (*Anolis :* Greenberg et Noble, 1944; *Lacerta viridis :* Saint-Girons, inédit).

*
* *

S'il est possible de définir chez les Reptiles un espace vital dont les caractéristiques varient en raison de l'éthologie des formes considérées, par contre l'existence d'un territoire, tel qu'il est défini par les Ornithologistes, ne peut être envisagé. L'intolérance intraspécifique vraie est exceptionnelle et l'intolérance sexuelle apparaît comme un facteur secondaire. En effet, elle est surajoutée à l'individualisme dont elle renforce l'action isolante dans la mesure où elle se manifeste dans les limites de l'espace vital et où son action n'est pas contrariée par des facteurs écologiques de groupement. Mais en aucun cas elle n'est liée à une étendue précise assimilable à un territoire. Dans ces conditions, tant que la notion de territoire sera fondée sur l'intolérance intraspécifique, il ne sera pas possible, à notre avis, de l'appliquer aux Reptiles.

Jean Guibé, Muséum national. et H. Saint-Girons, C.N.R.S.

1. Pour ce phénomène chez les Oiseaux, voir *La Nature*, octobre 1952, p. 111, et juin 1955, p. 235.

L'énergie atomique aux États-Unis

D'après *A growth survey of the atomic industry 1955-1965*, publié par l'Association américaine de l'industrie atomique, l'énergie d'origine nucléaire ne détrônera pas les sources conventionnelles avant 1962. En effet, le charbon est si abondant et si bon marché (il en va de même en ce qui concerne le pétrole, le gaz naturel et l'électricité hydraulique) que la rentabilité des stations atomiques apparaît douteuse avant quelques années. On estime qu'il faudra arriver à une puissance installée de l'ordre de 5 millions de kW pour pouvoir lutter sur le terrain des prix avec les autres sources d'énergie.

Aussi l'attention se porte-t-elle surtout sur les réacteurs destinés aux navires, locomotives, sous-marins (on sait que le *Nautilus* est déjà en service). Après 1962, pense-t-on, il sera temps de songer aux gros réacteurs pour centrales électriques. La prévision des investissements pour la période 1955-1965 va de 3,5 à 7,5 milliards de dollars (de 1 300 à 2 800 milliards de francs).

L'électrification du fond des houillères

Pendant des siècles la seule énergie utilisée au « fond » des houillères, et plus généralement des mines, a été l'énergie humaine, complétée par l'énergie animale, s'aidant d'artifices mécaniques des plus rudimentaires : en veine le « haveur » souscavait le charbon avec une « rivelaine », le « piqueur » l'abattait au pic; le charbon abattu souvent traîné dans des « paniers » était chargé dans des « berlines » poussées par des « herscheurs » sinon des « herscheuses » vers le « plan incliné » où elles étaient « emballées », les berlines pleines descendantes faisant monter les berlines vides; les petits trains de berlines pleines, formés au pied du plan, étaient tirés par des chevaux à la « recette » du puits où une machine d'extraction rudimentaire les remontait « au jour »; même le grisou était longtemps brûlé sur place par des « pénitents » chargés de faire flamber les concentrations de gaz avant que celles-ci ne se diffusent dans l'atmosphère en la rendant explosive. De cette esquisse qui remonte à Agricola bien des traits subsistaient encore il y a vingt-cinq ans à peine.

La fabrication industrielle des explosifs permit une première mécanisation de l'abattage, les trous de mine étant toutefois longtemps forés à la main au moyen de « fleurets » frappés à la « massette » ou de « tarières à cliquet ».

La machine à vapeur s'implanta bien sur les « carreaux » de mine, mais elle ne put au mieux être employée au fond que dans les salles de pompes voisines du puits et il fallut attendre le développement de l'air comprimé pour voir naître après le début de ce siècle et surtout après la première guerre mondiale une « mécanisation » de tous les travaux du fond, qui depuis n'a pas cessé de se développer, qui tend de plus en plus à éliminer le moteur humain, à transformer le mineur en spécialiste desservant des engins mécanisés, et à faire de l' « Art des Mines » une industrie.

Pour les travaux du fond l'air comprimé, généralement produit à la pression de 7 kg/cm², est une énergie commode s'adaptant facilement aux efforts alternatifs fréquemment utilisés au fond et notamment dans les « marteaux piqueurs » et les « couloirs oscillants »; sa transmission dans les travaux ne présente pas de problèmes de sécurité aigus, et notamment pas de problèmes de sécurité antigrisouteuse ni de problèmes de sécurité incendie, les « fuites » éventuelles d'un réseau de distribution ne faisant qu'améliorer l'aérage et la climatisation des chantiers; sa technique est actuellement bien au point et atteint même tant dans les machines productrices que dans les machines d'utilisation un haut degré de perfectionnement.

Malheureusement l'air comprimé est un fluide moteur cher. Les rendements d'un turbo-compresseur ou d'un compresseur électrique ont beau être nettement plus élevés que celui d'un alternateur électrique, les « pertes de charge » du réseau de distribution, les inévitables et importantes « fuites » de ce réseau et les très mauvais rendements des moteurs d'utilisation, ne permettent généralement pas de dépasser un rendement final de l'ordre de 2 pour 100, évidemment catastrophique au point de vue prix.

Pour avoir ensuite au chantier une pression suffisante, l'air comprimé généralement produit au jour par de gros compresseurs doit être distribué dans un réseau largement conçu : les diamètres des conduites principales d'un réseau fond sont souvent de 350-500 mm, celui des voies de fond de 250-150 mm, celui des tailles de 100-60 mm; ces diamètres suffisaient aux puissances des engins mécanisés d'avant-guerre qui se limitaient à environ 80 ch; les nouvelles machines minières dépassant cette puissance pour atteindre parfois 200 ch, et étant beaucoup plus nombreuses, il faudrait augmenter le diamètre de tout le réseau, ce qui devient économiquement et minièrement prohibitif, le prix des tuyauteries croissant paraboliquement avec leur diamètre et la place étant strictement limitée au fond. Les machines puissantes à air comprimé seraient enfin elles-mêmes souvent trop encombrantes.

Par ailleurs, dans un réseau d'air comprimé de fosse, très complexe et très difficile à entretenir en parfait état et sur lequel on pompe de façon très irrégulière, la pression est essentiellement variable : d'où à l'engin d'utilisation des variations de vitesse importantes qui non seulement nuisent au rendement de l'engin, quitte à perturber parfois complètement son fonctionnement, mais qui entraînent encore une usure rapide de la machinerie fond, ce qui se traduit non seulement par un coût d'entretien très élevé de cette machinerie mais encore par des pannes trop fréquentes, qui réduisent à néant, et parfois pour des temps trop longs, le rendement de l'importante main-d'œuvre minière dont le travail est accroché au fonctionnement de la mécanisation : la sécurité d'exploitation donnée par l'air comprimé est nettement moins bonne que celle obtenue avec l'électricité.

Enfin les engins miniers modernes comportent souvent plusieurs moteurs qui pour des raisons de fonctionnement et de sécurité doivent être enclenchés entre eux, ce qu'il est souvent compliqué de réaliser avec une machinerie fonctionnant à l'air comprimé.

*
* *

Tous ces inconvénients ont peu à peu mais sûrement poussé à détrôner l'air comprimé et à le remplacer par l'électricité; l'emploi de celle-ci dans les travaux du fond n'était cependant pas sans poser de redoutables problèmes.

Tout d'abord celui de la *sécurité antigrisouteuse* [1] : l'étincelle électrique produite normalement ou accidentellement par le matériel électrique allume presque toujours les mélanges grisouteux à teneur explosive; le coup de grisou étant le type même de la catastrophe minière, cette raison avait longtemps suffit pour bannir l'électricité du fond.

Vers la fin du siècle dernier, on a essayé de rendre cette production d'étincelles inoffensive.

Une première idée avait été de noyer le matériel électrique dans l'huile et d'empêcher ainsi son contact avec le grisou ou plus généralement avec le mélange gazeux explosif; cette solution jouit encore aujourd'hui d'une grande faveur dans l'industrie chimique lorsque le danger d'explosion est à craindre (raffineries, usines à NH_3 synthétique, etc.) et où accessoirement la mise à l'abri dans l'huile empêche toute attaque chimique du matériel électrique. Mais, en dehors du fait que cette solution n'est pas possible pour toute la gamme du matériel électrique dont on a besoin au fond, l'appareillage électrique dans l'huile s'était vite révélé comme désastreux au point de vue minier : une manipulation délicate de l'huile au fond, sa rapide pollution due aux poussières et à l'humidité du fond, les pertes de niveau inhérentes aux conditions d'établissement et de manutention dans la mine, et surtout le fait qu'en brûlant l'huile produit d'énormes quantités de fumées et qu'elle est susceptible de flamber par auto-allumage avaient rapidement conduit à la nécessité de proscrire l'huile aussi totalement que possible du fond.

A noter toutefois qu'à condition de remplacer l'huile par d'autres isolants, et notamment par le compound, le quartz et les diélectriques chlorés incombustibles, cette protection

1. Sur la question de la détection du grisou, voir : Le contrôle grisoumétrique dans les mines, par M. Ducas, *La Nature*, août 1955, p. 318.

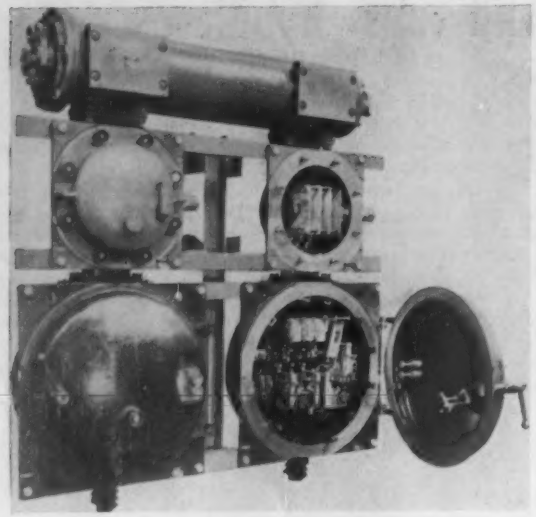


Fig. 1. — *Matériel antidéflagrant.*
On remarque les joints usinés étanches aux flammes et les formes bombées qui permettent de résister aux explosions intérieures (*Photo* Alsthom).

antigrisouteuse par immersion dans l'isolant existe encore de nos jours pour certains appareils statiques.

On avait ensuite pensé à enfermer le matériel électrique dans des carters rigoureusement étanches; mais il s'était vite révélé qu'il était difficile de garder ces carters étanches dans les conditions d'établissement, de fonctionnement et d'entretien de la mine. Cette technique est toutefois reprise actuellement pour certains transformateurs de mine américains.

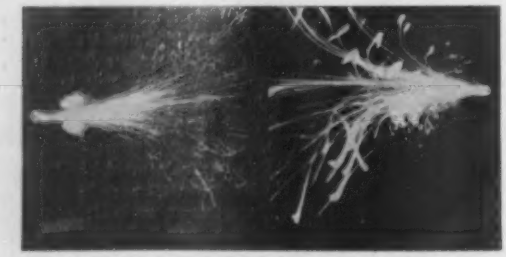


Fig. 2. — Projection de particules de cuivre incandescentes par une fente antidéflagrante lors d'un court-circuit important.
(*Photo* Siemens).

Admettant ensuite la nécessité d'une communication avec l'atmosphère extérieure, on avait essayé de rendre cette communication « antigrisouteuse » ou de « sécurité contre la flamme » en la garnissant de tamis analogues à ceux qui existent sur les lampes de sécurité des mineurs; ici également, on s'était très rapidement heurté à des impossibilités pratiques : non seulement les tamis s'encrassaient vite et résistaient mal mécaniquement au fond, mais encore ils cédaient sous l'effet d'une explosion intérieure; enfin le tamis, s'il empêche le passage de la flamme, donne lieu au phénomène de la combustion résiduelle : le refroidissement des gaz chauds au contact des mailles crée une dépression, c'est-à-dire un appel des gaz de l'extérieur vers l'intérieur, où le grisou vient brûler sans danger d'ailleurs pour l'atmosphère extérieure; or, il est évident qu'une telle combustion, que Beyling a pu entretenir une vingtaine de minutes, ne peut être supportée, sans destruction plus ou moins avancée, par le matériel électrique protégé par le tamis.

La solution des fentes de laminage minces et larges fit enfin faire à la question un pas décisif et permit d'aboutir au stade actuel. Les travaux de Beyling en Allemagne et de Wheeler en Angleterre ont en effet prouvé que de telles fentes, parfaitement compatibles avec la construction du matériel électrique et son entretien pratique au fond, pouvaient, en refroidissant suffisamment les gaz chauds d'une explosion intérieure, empêcher celle-ci de se propager à l'extérieur. Aussi ce matériel appelé « antidéflagrant » et qui résiste de plus aux pressions développées par les explosions intérieures est-il à la base de toutes les réglementations d'emploi du matériel électrique au fond (fig. 1). Cette sécurité « antidéflagrante » a toutefois été récemment mise en défaut, des particules de métal incandescentes étant projetées lors de certains courts-circuits importants à travers les fentes étanches à la flamme et qui pouvaient dans certaines conditions assez exceptionnelles allumer le grisou (fig. 2). Il est probable que dans l'avenir le joint antidéflagrant se compliquera d'une chicane formant labyrinthe et qui empêchera cette projection de particules.

En dehors du matériel « antidéflagrant » (fig. 4) il existe encore d'autres matériels antigrisouteux, de moindre importance; nous avons déjà parlé de la protection antigrisouteuse par immersion dans un isolant; il convient encore de citer « l'intrinsic safety » des Anglais basée sur une limitation artificielle dans les circuits électriques de faible puissance, et la « erhöhte Sicherheit » des Allemands, où l'on empêche la formation des arcs et des étincelles par des artifices de construction.

Si historiquement le souci de la sécurité antigrisouteuse a été longtemps déterminant, il est vite apparu que l'*incendie d'origine électrique* présente au fond un danger beaucoup plus grave. Au « jour » en effet on peut aisément surveiller une installation électrique : si un incendie y éclate, il peut généralement être rapidement circonscrit. Au « fond » par contre on a des kilomètres de câbles dans des galeries fortement ventilées, où il ne circule normalement personne; on ne peut songer à mettre une surveillance permanente dans chacune des sous-stations de quartier, pourtant soumises à la pression de terrains. Si un incendie survient il dégénère rapidement en catastrophe : le feu se communique au boisage et entraîne des éboulements, puis les fumées qui parviennent obligatoirement dans les chantiers situés en amont risquent d'asphyxier tout un quartier ou même toute une fosse; un léger incendie d'huile, même rapidement maîtrisé, peut avoir des répercussions graves. Enfin l'incendie d'origine électrique peut allumer un « coup de grisou » ou un « coup de poussière ».

Ici la solution a consisté dans l'élimination de tout l'appareillage dans l'huile, dans une surveillance serrée et une élimination rapide des fuites, dans une protection poussée contre les surcharges et les courts-circuits, et dans l'introduction de câbles, sinon totalement incombustibles, du moins incapables de propager la flamme.

Fig. 3. — *Locomotive de mine moderne*
(*Photo Westinghouse*).

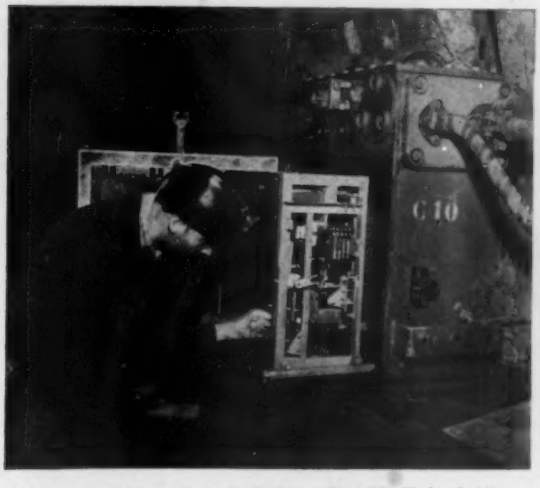


Fig. 4. — *Réparation au fond d'un coffret blindé de chantier antidéflagrant.*
(Photo Charbonnages de France).

Fig. 5. — *Poste de contrôle de l'installation de skips automatiques de Merlebach.*
(Photo Charbonnages de France).

Le *danger d'électrocution* est lui aussi beaucoup plus sérieux qu'au jour; les puissances des engins à électrifier et la longueur des câbles imposés par les schémas miniers conduisent en effet à des tensions d'utilisation déjà dangereuses; le danger d'électrocution est considérablement accru du fait que l'air du fond est généralement sursaturé d'humidité et que, dans ces conditions, il faut certaines précautions pour garder au réseau un bon état d'isolement. Enfin les mineurs, exposés de par leur travail à toucher fréquemment les parties qui peuvent être accidentellement sous tension, sont le plus souvent en état de transpiration, ou encore ont les pieds dans l'eau et leur corps en contact avec un conducteur métallique : conduite d'air comprimé, de remblayage hydraulique, colonnes de couloirs oscillants, de canars, convoyeurs blindés, etc. Enfin, notons qu'en raison de l'étroitesse des chantiers et de l'éclairage réduit du fond, le matériel électrique est nécessairement maltraité, et que le mineur n'est pas particulièrement soigneux, le pic et le marteau étant le plus souvent ses outils de monteur-mécanicien ou électricien.

On a paré à ce danger en connectant tout d'abord toutes les carcasses du réseau fond — qui est un réseau se composant d'engins blindés reliés par des câbles armés — à un bon réseau de terres, capable d'écouler les tensions accidentelles provenant des mises à la masse pour ne plus laisser subsister que des tensions résiduelles inoffensives. Avec une distribution à neutre isolé, on surveille de plus, de façon très serrée, l'isolement du réseau, en lui injectant des courants continus de contrôle qui rendent l'opération indépendante des capacités du réseau; cette surveillance peut se compliquer de déclenchements automatiques lorsque la baisse d'isolement atteint une valeur dangereuse.

Avec une distribution à neutre à la terre, des relais « core balance », qui sont des relais de fuite, coupent instantanément le courant dès que la fuite atteint 5 ampères.

La mise au point de ces solutions de sécurité, dont on n'a évidemment pu esquisser ici que les idées directrices principales, a demandé un travail technique qui a duré une cinquantaine d'années; bien que toute technique soit éternellement perfectible, on peut cependant dire que le niveau de sécurité aujourd'hui atteint par l'électrification du fond est bon, et qu'à condition de la manipuler correctement elle est l'une des techniques minières à ce point de vue des plus satisfaisantes. Contrairement aux craintes qu'on pouvait avoir au début, l'introduction de l'électricité au fond se solde finalement par une amélioration importante de la sécurité, car en plus de sa sécurité propre elle a permis d'introduire au fond un grand nombre de solutions minières nouvelles éliminant des dangers qui pesaient depuis des siècles sur la vie des mineurs, tout en diminuant par ailleurs les durs efforts physiques qui conditionnent leur métier et en augmentant parallèlement la rentabilité de l'exploitation minière modernisée.

Nous ne mentionnerons que pour mémoire l'éclairage électrique, soit par lampes portatives ou lampes à chapeau fonctionnant sur accus, soit par chaînes de hublots à éclairage intensif, soit par les projecteurs dont sont actuellement dotés beaucoup de machines mobiles. Tout cela permet enfin de voir un peu clair dans l'épaisse nuit du fond et de réduire les accidents de gare jadis si fréquents, ainsi que ceux dus aux chutes de blocs qui constituent au fond la catégorie d'accidents la plus importante; de même pour le téléphone, le trolleyphone, demain la téléphonie sans fil, qui rendent possible non seulement une organisation rapide des sauvetages, mais encore la création des roulages où l'accident doit devenir aussi rare que sur le chemin de fer.

Jadis le roulage était réalisé soit par les chevaux dont l' « apparition » soudaine à un tournant de travers-bancs demeure un des souvenirs impressionnants du début de notre carrière, soit par des locos à air comprimé haute pression traînant poussivement de petits trains de petites berlines. Aujourd'hui une seule berline de grande capacité (on plafonne actuellement à 12 t) contient plus de charbon que jadis tout un train, et les trains de grosses berlines, tractées par de puissantes locomotives

Fig 6. — *Mineur continu Joy à paquet de chaînes de havage.*

Fig. 7. — *Pelle Joy électrifiée.*

à trolley ou à accus (fig. 3) roule à grande vitesse vers le puits, à travers un système de signalisations, d'aiguillages et de portes automatiques qui fonctionnent électriquement et qui n'ont techniquement rien à envier à ceux en service sur la S.N.C.F. Ailleurs de puissants convoyeurs à bande électrifiés et enclenchés, automatiquement mis en route et automatiquement arrêtés, conduisent le charbon vers un point de chargement unique bien éclairé et dûment mécanisé, si même elles n'aboutissent pas directement au puits en supprimant tout roulage par berlines. Le grand nombre de « bures » (petits puits intérieurs) d'hier, où haletaient des treuils à air de 60 ch est actuellement souvent remplacé par un bure à fort tonnage desservi par un treuil électrique, dont la puissance n'est pas limitée et qui peut être équipé avec tous les verrouillages de sécurité. Avant la guerre, il était encore fréquent d'encager à la main; ce travail, qui n'était pas sans danger et qui nécessitait une main-d'œuvre relativement importante, limitait l'extraction des puits; la solution moderne est d'équiper les puits d'extraction avec des skips entièrement automatisés que conduit en tout et pour tout un surveillant (fig. 5).

L'électrification ne s'est pas arrêtée au roulage et au sortage, mais elle a pénétré dans les chantiers de travaux préparatoires et dans les chantiers d'abattage.

Si la foration des roches dures est encore du domaine de l'air comprimé — mais celui-ci peut être fourni par des compresseurs mobiles électrifiés — la foration électrique du charbon ou des roches tendres est aujourd'hui un problème résolu, soit qu'on opère à la fréquence normale ou qu'un changeur de fréquence permette à 150 ou 200 périodes de loger la puissance de l'engin sous un encombrement réduit. Les grandes pelles moteurs sont toutes électrifiées, qu'elles soient à godet pelleteur (fig. 8) ou à pinces de crabes (fig. 7); les mineurs continus genre Joly (fig. 6) ou Marietta, qui permettent de « tracer » sans explosifs et qui « fraisent » les galeries dans

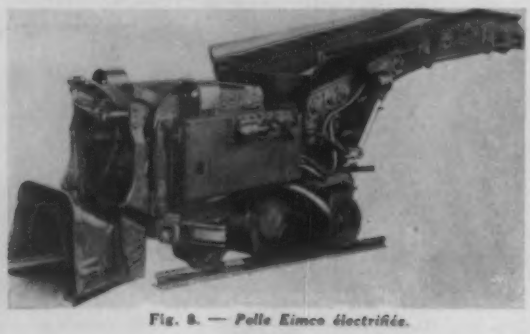


Fig. 8. — *Pelle Eimco électrifiée.*

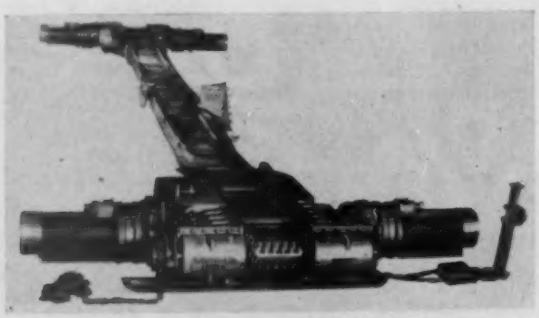


Fig. 9. — *Convoyeur blindé Westfalia.*

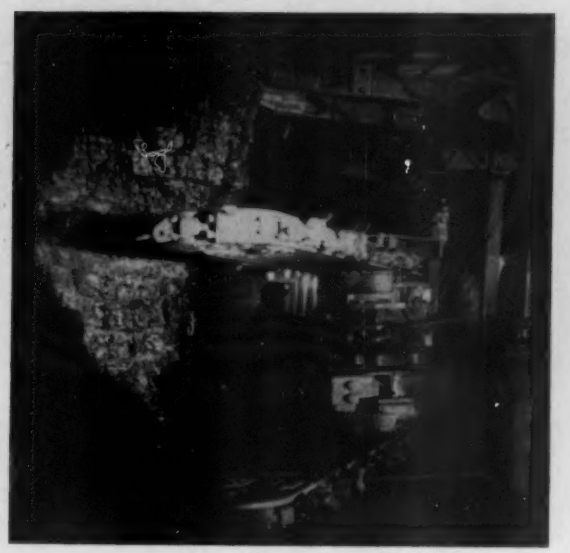


Fig. 10. — *Haveuse à double bras attaquant le massif de charbon.*
(Photo Charbonnages de France).

le rocher, comportent trop de moteurs et de trop grande puissance pour ne pas marcher à l'électricité.

Dans les chantiers d'abattage le déblocage a évidemment été électrifié en premier lieu : au couloir oscillant d'avant-guerre qui remplissait la taille de bruit et de buée d'échappement, a succédé le convoyeur blindé (fig. 9) parfois attaqué par quatre moteurs enclenchés et qui permet au piqueur de taille de travailler dans un calme et avec une visibilité grandement augmentés. Les engins d'abattage modernes, qu'il s'agisse de sim-

Fig. 11. — *Haveuse-chargeuse Meco-Moore.*

ples haveuses (fig. 10), dont la puissance monte maintenant jusqu'à 100 kW, ou d'engins plus compliqués comme les haveuses-chargeuses (fig. 11), les haveuses « multidisques » (fig. 12), les « strippers » (fig. 13), les « rabots » (fig. 14), les « col mol » ou les « trepanners » qui, conduits par deux

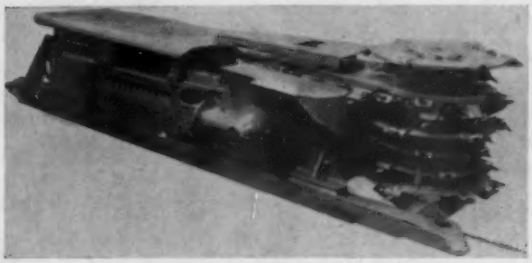


Fig. 12. — *Haveuse multidisque Sagem.*

Fig. 13. — *Stripper Maver et Coulson.*

hommes, désintègrent la veine, en chargeant mécaniquement le charbon abattu sur le convoyeur blindé de taille, ne sont pensables qu'électrifiés. Même l'indispensable et classique boisage risque d'être remplacé en taille dans un avenir plus ou moins lointain par un « soutènement marchant » composé d'étançons hydrauliques dont la pression est donnée par une pompe à huile évidemment électrifiée.

*
* *

On voit, par cette simple énumération et les illustrations qui l'accompagnent, combien profondément l'électrification du fond

Fig. 14. — *Robot Loebbe.*
(Photo Deutsche Kohlenbergbau-Leitung, Essen).

a transformé l'Art des Mines. Partie d'un simple souci d'économie de force motrice, elle a, à ce point de vue, non seulement tenu les promesses, mais elle a surtout, en rendant possible une mécanisation intensive au fond, permis d'augmenter le rendement tout en économisant la peine et le sang des mineurs.

Ch. Biil,
Ingénieur en chef aux Houillères
du Bassin de Lorraine.

La préparation de l'acide sulfurique

Le procédé Kachkaroff, version moderne du vieux procédé des chambres de plomb

Lorsque le procédé de contact est apparu à la fin du siècle dernier, d'aucuns se sont demandé si cette mise au point ne signait pas la condamnation du vieux procédé des chambres de plomb, utilisé exclusivement jusqu'alors pour la préparation de l'acide sulfurique. Les années ont passé et un demi-siècle après la naissance de son coucurrent on peut dire que le procédé des chambres se défend honorablement. En effet, si aux États-Unis il ne participe que pour 20 pour 100 environ à la production totale de l'acide sulfurique, sa contribution atteint près de 40 pour 100 en Grande-Bretagne, 60 pour 100 en Italie, 70 pour 100 en France... Il convient toutefois de souligner que l'importance du procédé de contact aux États-Unis s'explique par le fait que l'industrie chimique s'est considérablement développée depuis 1940 et que les nouvelles installations d'acide sulfurique utilisent plus particulièrement le procédé de contact; le même phénomène s'observe dans les pays où l'industrie chimique est récente, comme aux Indes par exemple, où il prédomine en fournissant 75 pour 100 de l'acide produit. Ces faits démontrent donc que le procédé des chambres a cédé du terrain et qu'il ne subsiste qu'en se défendant.

Sous sa forme classique le procédé des chambres de plomb présente en effet des inconvénients graves : encombrement considérable des installations qui s'exprime par la faible production journalière d'acide à 60° Bé (5 à 6 kg par mètre cube de chambre) et qui se traduit par des investissements considérables, concentration relativement faible (53 à 60° Bé) de l'acide obtenu, etc.; et ce n'est en réalité qu'en évoluant que ce procédé s'est maintenu.

Lors d'un article de mise au point sur l'industrie de l'acide sulfurique en France (*La Nature*, juin 1952), nous avons retracé cette évolution qui comprend trois phases :

1° Sans attendre l'apparition d'un procédé concurrent, les fabricants d'acide sulfurique avaient tenté d'accroître la production d'acide par mètre cube de chambre, en augmentant la surface des chambres par rapport à leur volume et en favorisant le contact entre gaz et liquides; ces diverses modifications qui ont permis d'atteindre des taux de production journalière de 20 kg par mètre cube de chambres se sont de plus en plus répandues depuis le début du siècle.

2° Les travaux de Petersen, en mettant l'accent sur le rôle joué par l'acide à 58-59° Bé et à forte teneur en composés nitreux dans la transformation de SO_2, a conduit à utiliser cet acide en dehors du Glover et du Gay-Lussac, et à substituer pratiquement aux vieilles chambres classiques des tours analogues à celles du Glover et du Gay-Lussac, c'est-à-dire munies d'un revêtement en plomb, mais dans lesquelles une circulation intensive d'acide permettait de porter la production à près de 100 kg par mètre cube et par 24 heures. Nous avons donné alors des indications sur le procédé Petersen, appliqué dans certaines usines françaises.

3° Dans un troisième stade, Kachkaroff s'est proposé de procéder à l'absorption simultanée du gaz sulfureux et des oxydes d'azote en faisant circuler, comme Petersen, un acide sulfurique concentré, dissolvant une proportion élevée d'oxydes d'azote, mais dont la concentration en acide est telle que la tension de vapeur des composés nitreux dissous dans ces acides soit très faible : dans ces conditions, Kachkaroff envisageait une installation ne comportant que des Glover et des chambres de réaction et par conséquent aucun Gay-Lussac, dont la raison d'être était supprimée par l'absorption des oxydes d'azote dans les chambres. La mise au point du procédé ayant démontré la nécessité d'utiliser des acides plus dilués que ceux que l'on envisageait initialement, afin d'éviter notamment les réactions secondaires, susceptibles d'entraîner les pertes d'azote (par formation d'azote élémentaire et de protoxyde) il a fallu laisser subsister les Gay-Lussac, mais la concentration élevée de l'acide utilisé, qui caractérise ce procédé, est suffisante (60° Bé, 70 à 80 pour 100 de SO_4H_2) pour qu'elle permette d'utiliser des tours de réaction ayant un *revêtement en acier* et non plus en plomb.

Ces installations, qui fournissent une production de l'ordre de 100 kg d'acide à 60° Bé (70-80 pour 100 SO_4H_2) par 24 heures, ne comportent donc plus ni chambres, ni plomb, mais des tours en acier et c'est pour cette raison qu'il ne convient plus d'opposer au procédé de contact le « procédé des chambres de plomb » mais le *procédé aux oxydes d'azote*, réalisé sous diverses formes.

Dans l'article rappelé plus haut, nous nous limitions à donner le principe de ce procédé, alors en montage dans certaines usines. Quatre installations utilisent actuellement cette méthode et divers projets sont en cours d'étude; il apparaît donc que ce procédé est susceptible d'extension et il nous semble intéressant en conséquence de donner quelques indications sur la façon dont il a été appliqué.

Description du procédé Kachkaroff. — L'atelier de fabrication Kachkaroff, de l'usine de Granville (fig. 1), auquel nous faisons allusion dans cette description, a une capacité de production de 100 t d'acide à 60° Bé par jour et comporte six tours; il peut toutefois fonctionner avec une capacité plus réduite et dans ce qui va suivre nous envisagerons une marche de l'atelier correspondant à la production de 55 t par jour en utilisant seulement 4 tours.

Cet atelier est desservi par une installation de 10 fours à pyrites, capables de griller 75 t de pyrites par jour et fournissant un gaz à 8-8,5 pour 100 d'anhydride sulfureux (dont un dépoussiéreur électrostatique élimine les poussières) sur laquelle nous n'insisterons pas.

Le schéma de l'installation est apparemment assez complexe (fig. 2). Il comporte en effet différents appareils :

a) un glover (G), d'environ 8,5 m de haut et de 4 m de diamètre, construit en lave de Volvic avec revêtement de plomb et garnissage de briques;

b) une tour de fabrication (TF) de construction et de dimensions comparables, mais dont le garnissage comporte des briques, puis des anneaux Raschig;

c) 4 tours (I, II, III, IV) de 8,3 m de haut et de 5 m de diamètre, *en tôle d'acier nu*, remplies aux 2/3 avec des anneaux Raschig;

d) un Gay-Lussac (GL) de près de 9 m de haut et 5 m de diamètre avec revêtement en plomb et comportant un garnissage de briques et d'anneaux;

e) des réfrigérants R d'une surface de 300 m² et arrosés par 75 m³ d'eau par heure;

f) des bacs de stockage (S_1, S_2, S_3) d'un volume d'environ 500 m³;

et divers circuits :

1° *circuit des gaz*, qui contenant à peu près 230 g de SO_2 par m³ et étant à environ 450° lorsqu'ils pénètrent dans le Glover, sont aspirés à raison d'environ 6 000 m³/h par le ventilateur Vg, à travers les tours et sont refoulés dans le Gay-Lussac alors qu'ils ne renferment plus que 2,5 g de SO_2 et 6,8 g

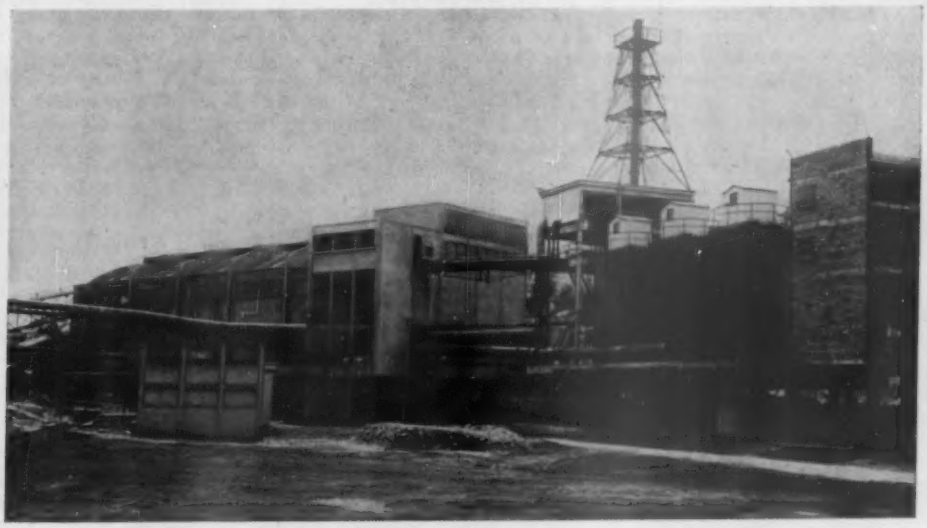


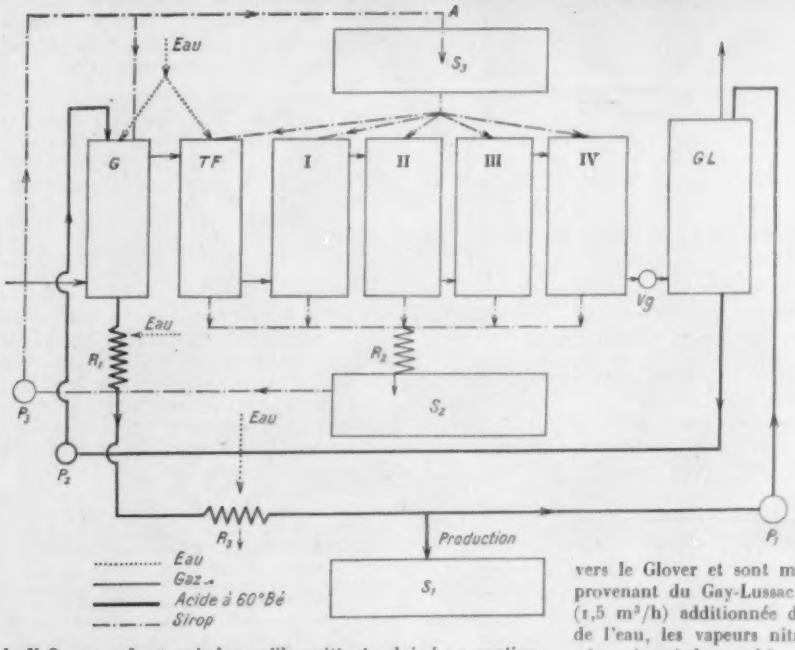
Fig. 1. — *Atelier Kachkaroff de l'Usine Dior à Granville.*

A gauche, le bâtiment des fours à pyrites et celui des Glover ; à droite, trois des six tours en acier ainsi que leurs réfrigérants.

(*Photo* Lenoy, Granville).

Fig. 2 *(ci-dessous).* — ***Schéma de principe de l'installation Kachkaroff.***

Explications dans le texte.



de N_2O_3 par m³, et qui, lorsqu'ils quittent celui-ci ne contiennent plus que 1,9 g de SO_2 par m³ et 1,8 g de N_2O_3 par m³;

2° *circuit de l'acide* à 60° Bé (78-80 pour 100 de SO_4H_2) qui, quittant le Glover à environ 125°, est ramené à la température ordinaire dans le réfrigérant R_1, puis, après prélèvement de la production, est envoyé grâce à la pompe centrifuge P_1, en haut du Gay-Lussac d'où il s'écoule, sous forme d'acide « nitreux », c'est-à-dire d'acide sulfurique à 59,7° Bé, contenant environ 13 g de N_2O_3 par litre, lequel est recyclé grâce à la pompe centrifuge P_2 en haut du Glover, à raison de 2,8 m³/h;

3° *circuit du sirop*, c'est-à-dire d'acide sulfurique titrant au minimum 63° Bé (84 pour 100 d'acide) et 128 g/l de N_2O_3, qui circule à raison d'environ 150 m³/h, grâce à la pompe P_3, à travers la tour de fabrication (55 m³/h), les quatre tours en acier (24 m³/h sur chacune), les réfrigérants R_2 et les bacs de stockage (S_2 et S_3), tandis qu'une certaine proportion, correspondant à la production (1,4 m³/h), est dirigée sur le Glover.

Sous cette apparence assez complexe, l'installation a un fonctionnement relativement simple : en effet, de quoi s'agit-il ? Essentiellement d'oxyder SO_2 par l'oxygène en SO_3, en mettant en contact intime le mélange gazeux renfermant ces deux gaz et qui traverse l'installation (circuit gazeux), avec l'acide sulfurique concentré et chargé en oxydes d'azote, qui tourne en rond dans les tours (circuit du sirop); d'extraire en continu une quantité d'acide égale à celle qui est produite et de récupérer les vapeurs nitreuses entraînées par les gaz.

Voyons comment s'effectuent ces diverses opérations.

Les gaz chauds s'élèvent à travers le Glover et sont mis au contact de l'acide « nitreux » provenant du Gay-Lussac et d'une certaine quantité de sirop (1,5 m³/h) additionnée d'eau; sous l'action de la chaleur et de l'eau, les vapeurs nitreuses sont libérées et les conditions nécessaires à la synthèse de l'acide sulfurique sont réunies : 20 pour 100 de l'acide sont en effet produits dans le Glover.

La synthèse se poursuit par la mise au contact des gaz chargés en vapeur d'eau et en produits nitreux avec le sirop dans la tour de fabrication et dans les quatre tours qui produisent respectivement 42, 32, 4, 1,2 et 0,3 pour 100 de l'acide.

Le sirop se charge donc en acide et afin que sa concentration demeure sensiblement constante, une partie de l'eau nécessaire à la fabrication de l'acide sulfurique [1] est ajoutée au sirop introduit dans la tour de fabrication (la teneur élevée des gaz dans cette colonne et la haute température qui y règnent rendent nécessaire la substitution du plomb à l'acier), tandis

1. La quantité d'eau introduite en tout est d'environ 750 l/h.

que l'on prélève sur le circuit de ce sirop une quantité de celui-ci correspondant à l'acide produit; cet acide dirigé sur le Glover sortira de celui-ci sous forme d'acide à 59,7° Bé, après avoir abandonné ses vapeurs nitreuses.

La concentration du sirop (84 pour 100), suffisante pour qu'il n'attaque pas l'acier, n'est pas assez élevée pour éviter qu'une certaine quantité de vapeurs nitreuses se dégage au cours de la circulation dans les tours et ne soit entraînée par les gaz; il convient dès lors de les récupérer par mise au contact des gaz sortant des tours et contenant encore de faibles teneurs en SO_2 dans le Gay-Lussac avec de l'acide concentré et froid (60° Bé), qui les absorbe (la production d'acide dans cet appareil est de l'ordre de 0,1 pour 100). L'acide nitreux, qui s'écoule du Gay-Lussac, est envoyé au Glover où les vapeurs sont de nouveau libérées.

Après une période de mise au point inévitable, l'atelier que nous venons de décrire donne entière satisfaction à la condition de travailler avec un sirop titrant au minimum 84 pour 100 de SO_4H_2.

Abstraction faite du Glover et du Gay-Lussac, le volume de l'installation atteint 766 m³ et la production journalière de 55 t correspond à 42 kg d'acide par mètre cube et par 24 heures; on compte une dépense totale de 75 m³/h d'eau de réfrigération et pour 100 kg d'acide une consommation d'énergie de 5 kWh et une dépense de 0,78 kg d'acide nitrique à 36° Bé.

Conclusions. — La comparaison du procédé de contact et du procédé aux oxydes d'azote a donné et donnera encore certainement lieu à de nombreux articles sur les avantages respectifs de l'un ou de l'autre... et sur la disparition possible du dernier.

On prétend parfois que de nombreuses installations de chambres étant amorties, le prix de revient des acides qu'elles fournissent s'en ressent avantageusement et qu'en conséquence la coexistence des deux procédés ne saurait démontrer l'équivalence économique des deux procédés; la création de nouvelles unités exploitant le procédé aux oxydes d'azote prouve par contre mieux que d'interminables discussions la vitalité de celui-ci. Il est bien certain que ce procédé est écarté d'office lorsqu'il s'agit d'obtenir l'acide concentré qu'exigent certaines industries; il est également indéniable que l'utilisation du soufre comme matière première, en permettant d'obtenir des gaz propres pour lesquels le dépoussiérage et la purification par voie humide sont inutiles, milite en faveur de l'application du procédé de contact.

Si par contre on tient compte du fait que la situation du marché mondial du soufre impose pratiquement dans de nombreux pays l'emploi des pyrites et que, d'autre part, des acides moins concentrés suffisent pour préparer superphosphates, sulfates d'ammonium, etc., qui consomment en France et dans la plupart des pays environ 50 pour 100 de l'acide sulfurique produit, on peut estimer que le procédé aux oxydes d'azote continuera à se défendre, et cela d'autant mieux qu'une technique telle que celle que nous venons d'examiner, en permettant une production intensive et en diminuant les investissements par la substitution de l'acier au plomb, écarte certains des inconvénients qu'on lui reprochait. Il est donc vraisemblable d'envisager l'extension de ce procédé non seulement en France, mais aussi à l'étranger.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences
de Nancy.

AMPLIFICATEUR DE LUMIÈRE

Le *Journal of Applied Physics* (mars 1955) a signalé la démonstration, faite par le Laboratoire de recherche de la General Electric (U.S.A.), d'une cellule amplificatrice de lumière comportant une couche luminescente uniforme et continue de sulfure de zinc activé au manganèse et traversée par un champ électrique en courant continu.

La démonstration a consisté à projeter sur la cellule le cliché d'une grille de télévision éclairé par un projecteur de lumière ultraviolette. L'application progressive d'une tension continue transforme l'image primitivement pâle en une image beaucoup plus lumineuse. Sous 100 V, on a constaté que le nombre de photons émis est dix fois plus élevé que le nombre de photons ultraviolets frappant la couche luminescente. L'application du champ électrique seul ne provoque aucune émission lumineuse et l'ultraviolet incident donne seulement une très faible émission; l'amplification ne se produit que par l'application combinée de la tension continue et du rayonnement ultraviolet incident.

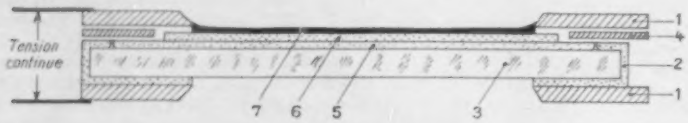


Fig. 1. — *Coupe schématique de la cellule amplificatrice de lumière.*

1, électrodes métalliques ; 2, pâte conductrice à l'argent ; 3, support en verre ; 4, rondelle en mica ; 5, film transparent conducteur ; 6, couche luminescente (ZnS) ; 7, film métallique conducteur.

Le transport des gaz naturels à longue distance

Les gaz naturels paraissent devoir prendre une place de plus en plus grande dans l'économie mondiale, car ils sont utilisés à des distances de plus en plus grandes de leur lieu de production. Tandis qu'un vaste réseau de pipe-lines, en construction au Canada, doit traverser ce vaste pays d'ouest en est, afin d'amener le gaz de la région de l'Alberta jusqu'à Montréal et d'en exporter des quantités considérables vers Buffalo et New-York, tandis que le gaz de la région du Pô est également dirigé par pipe sur Bologne, Florence et Rome, une nouvelle technique, susceptible de révolutionner le transport du gaz naturel, est expérimentée aux États-Unis : le transport du gaz liquéfié et maintenu liquide sous la pression atmosphérique, dans des récipients isolés, comparables à ceux qui permettent de véhiculer l'oxygène liquide, mais sous des volumes beaucoup plus considérables.

Un certain nombre de péniches, construites spécialement et comportant une série de compartiments isolés, doivent être prochainement affectées à un trafic régulier entre le Golfe du Mexique et la région de Chicago, par les rivières du Mississipi et de l'Illinois, pour transporter dans la région de Chicago le gaz naturel du Texas et de Louisiane. La Grande-Bretagne est très intéressée par cette réalisation qui permettrait d'envisager le transport d'une partie du gaz naturel du Moyen-Orient.

Développement du Cameroun britannique

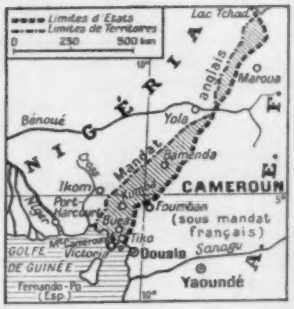


Fig. 1. — *Le Cameroun britannique.*

Fig. 2 à 4. — *A l'occasion de la mission du Conseil des Nations Unies en 1952.*

Ci-contre, danse indigène au cours d'une fête. *En bas à gauche*, des cavaliers Fulani en costume d'apparat sont venus accueillir la mission. *En bas à droite*, la mission gravit la route qui, à travers la forêt tropicale, donne accès à la province de Bamenda (*Photos Office central d'information britannique*).

Le Cameroun sous mandat britannique a été visité en 1949 et en 1952 par une commission des Nations-Unies, qui s'est déclarée satisfaite de l'évolution du pays. Le gouvernement de Londres aurait l'intention, d'après *The Times British Colonies Review*, d'acheminer graduellement ce territoire vers l'autonomie. Mais on ne se dissimule pas les difficultés de l'entreprise : les 750 000 indigènes sont encore en majorité très peu évolués, et sans affinités entre eux. En 1952, des troubles avaient inquiété les Anglais.

En attendant, ceux-ci (environ 300, techniciens et planteurs) s'attachent à développer les ressources. Un réseau routier moderne, doté de ponts sur les rivières, vient d'être construit pour relier Victoria à la Nigéria voisine. Des hôtels ont été aménagés sur tout le parcours. La Cameroons Development Corporation étend des plantations de bananiers, d'hévéas et de palmiers à huile dans la partie méridionale du pays, dominée par le Mont Cameroun (4 070 m). De lourds camions transportent les bananes jusqu'au port de Tiko, sur la côte, d'où on les dirige sur l'Europe, à bord de cargos frigorifiques. La Grande-Bretagne est le principal client; la production a atteint en 1953 plus de 6 732 000 régimes. La compagnie Fyffes occupe une place importante parmi les producteurs camerounais. Actuellement, bananes, caoutchouc et huile de palme constituent les seules exportations.

Un problème urgent se pose, celui des cultures vivrières, pour nourrir la population locale. Le développement des communications fera peut-être baisser les prix de transport (il arrive que le prix des marchandises double entre la côte et les bourgades de l'intérieur). Mais on attend beaucoup du développement du « mixed farming » (élevage et agriculture associés) dans les savanes du centre.

On travaille enfin à améliorer les accès portuaires : un nouveau wharf a été construit à Tiko. Victoria, la capitale, et Buea sont également en pleine croissance.

Oiseaux nord-américains apparaissant en Europe

Fig. 1 et 2. — *Le « Myrtle Warbler »* *(à gauche)* ***et le « Yellowthroat »*** *(à droite).*
(Dessins de PAUL BARRUEL*).*

Depuis longtemps la présence d'oiseaux terrestres nord-américains était signalée de temps à autre en Europe. Ces apparitions occasionnelles soulevaient généralement une certaine suspicion chez les naturalistes compétents; même lorsqu'il pouvait être prouvé qu'il n'y avait pas eu erreur d'identification, échange accidentel d'étiquettes dans une collection ou supercherie, on avait tendance à penser qu'il s'agissait d'individus, soit échappés de captivité, soit provenant d'une tentative d'acclimatation, ou d'oiseaux qui, pendant une partie de la traversée, s'étaient reposés à bord d'un navire. Il paraissait en effet invraisemblable que des Passereaux de petite taille puissent effectuer seuls un vol de plusieurs milliers de kilomètres sans prendre de repos ni de nourriture.

Dans un récent article de la revue *British Birds*, MM. W. B. Alexander et R. S. Fitter ont examiné de près cette question et ont montré que la traversée de l'Atlantique Nord sans escale n'a rien d'impossible si le vent est favorable et que, contrairement à ce que l'on affirmait, le fait de s'arrêter sur un bateau est plutôt, pour un petit oiseau, un désavantage : l'animal, ayant des difficultés à se nourrir, maigrit et perd rapidement les réserves qui lui auraient permis de continuer son voyage. Il n'est pas sans importance non plus de constater que la grande majorité de ces apparitions accidentelles se rapportent à des espèces migratrices et sont observées à l'époque normale de leurs migrations.

On ne peut évidemment pas juger du nombre des individus qui traversent par celui des cas qui sont signalés, car la chance que la présence d'un oiseau soit connue d'un observateur qualifié est, on le conçoit, extrêmement faible.

Depuis quelques années toutefois, la création de stations de baguage où des milliers d'oiseaux sont manipulés tous les ans, a permis d'augmenter le nombre des espèces, surtout de petite taille, qui justement passaient inaperçues des chasseurs ou qui, lorsqu'elles étaient signalées, étaient supposées s'être échappées d'une volière.

Il ne se passe guère d'année sans que la liste s'allonge et, pour ne citer que les derniers, mentionnons deux Parulidés, « Myrtle Warbler » (*Dendroica coronata*) et « Yellowthroat » (*Geothlipys trichas*), observés tous deux en Angleterre dans le Devonshire, respectivement en novembre 1954 et janvier 1955.

P. B.

Nouvelles richesses minérales en Rhodésies-Nyassaland

Au tableau des richesses du sous-sol rhodésien dressé dans *La Nature* de janvier 1954, il convient d'ajouter quelques renseignements récents, communiqués par le Bulletin officiel de la Fédération Rhodésies-Nyassaland.

Un gisement à haute teneur de minerai de lithium, considéré d'ores et déjà comme le plus important du monde, vient d'être découvert à Bikita, à 100 km de Fort-Victoria. Vu la haute valeur stratégique du lithium, les États-Unis seraient disposés à financer l'extraction ; une voie ferrée Fort-Victoria-Umtali desservant la zone minière doit être mise en chantier très prochainement.

D'autre part, on a commencé les travaux destinés à la remise en état des mines de cuivre sud-rhodésiennes, abandonnées pour la plupart depuis 1918. Il faudra trois ans pour que les mines soient en plein rapport. Les géologues ne pensent pas que ces mines puissent concurrencer le Copperbelt nord-rhodésien, car la teneur en métal n'est pas très élevée. Des capitaux sud-africains et américains seraient intéressés dans l'entreprise. Ces dernières années, seules étaient extraites de petites quantités de cuivre en Rhodésie du sud, d'ailleurs en tant que simple sous-produit des mines d'or.

Enfin, l'extraction du béryllium, ou glucinium, prend une certaine extension dans la Fédération. On sait que la Rhodésie du Sud en produisait un peu, dans la région septentrionale. Or, on apprend que certains producteurs se disposent à entreprendre des prospections en Rhodésie du Nord. Des pourparlers viennent à ce sujet d'aboutir avec la British South Africa Co, toujours détentrice des droits d'extraction dans ce territoire. Il est intéressant de signaler que le principal propriétaire des mines de béryllium est un Noir, nommé Dominici ; en 1953, il avait extrait 40 t de métal, estimées à près de 6 000 livres sterling (6 000 000 F).

Gisements de potasse au Gabon

Plusieurs des forages entrepris au Gabon par la Société des Pétroles de l'A. E. F., dans la région du lac Azingo, ont traversé une importante couche de sels de potasse. Elle a été repérée à des profondeurs variant de 600 à 1 500 m et sa puissance est de plusieurs mètres. Elle semble présenter une grande extension.

Les oies désherbantes

Aux États-Unis, on emploie des oies, à raison de vingt-cinq pour dix hectares, au désherbage des champs de cotonniers. Ces oiseaux n'aiment pas la feuille du cotonnier. Placés entre deux rangées de plants, ils progressent droit devant eux en désherbant consciencieusement le terrain.

Le S.E. 210 « Caravelle »

espoir de l'aviation civile française

Parmi les nouveautés révélées au dernier salon de l'Aéronautique, l'une des plus attendues aura été le S.E. 210 « Caravelle ». Premier avion de transport français à réaction, il est destiné à l'exploitation des lignes moyen-courrier. Il est le fruit d'un concours ouvert en 1952 par le Secrétariat général à l'Aviation civile et commerciale, et auquel participaient tous les principaux constructeurs français. A l'issue de l'examen des projets, ce fut celui de la S.N.C.A.S.E. qui fut retenu et dont deux prototypes furent aussitôt commandés.

Le « Caravelle » est un monoplan à aile basse (fig. 2) propulsé par deux réacteurs Rolls-Royce « Avon », de chacun 4 500 kg de poussée. Le poids total de l'appareil est prévu pour 37 t.

L'aile, d'allongement 8, présente une flèche de 20 degrés suivant la ligne à 25 pour 100; son épaisseur relative est de 11,6 pour 100. Le profil est un profil Naca de la série 65, déjà utilisé sur les « Grognard », également construits par la Société du Sud-Est, où il avait donné de bons résultats. La structure utilisée comporte trois longerons.

Les dispositifs hypersustentateurs sont constitués à l'arrière par des volets du type Fowler, et à l'avant par des becs de bord d'attaque basculants, qui donnent un gain de finesse permettant de bonnes performances à l'atterrissage. Toutefois, ces becs n'existent que sur le premier prototype; sur les avions suivants, le bord d'attaque du profil a été modifié sur une profondeur de 15 pour 100, en lui donnant la forme de l'ancien profil avec les becs braqués. Les bords d'attaque sont utilisés de plus pour le dégivrage thermique par circulation d'air chaud.

Les aérofreins sont également portés par la voilure, en avant des volets de courbure. Ils sont constitués par deux surfaces rectangulaires qui, en position rentrée, sont noyées dans le revêtement. Leur braquage maximum atteint 75 degrés à l'intrados et 70° à l'extrados.

L'une des principales caractéristiques techniques de l'appareil est la position des réacteurs (fig. 1) : pour la première fois sur un avion de transport, les réacteurs ne sont pas liés à l'aile, mais se trouvent dans deux nacelles accolées à l'arrière du fuselage et de part et d'autre. Il est évident qu'avant d'être choisie, cette position a fait l'objet de nombreux essais de soufflerie, qui tous ont démontré des qualités aérodynamiques supérieures.

La voilure, débarrassée de tous les accessoires extérieurs qui l'encombrent habituellement (elle ne comprend même pas les bogies du train d'atterrissage principal qui s'escamotent dans le fuselage), a pu être construite très mince, ce qui a permis de reculer le nombre de Mach critique, c'est-à-dire celui pour lequel apparaît l'augmentation brutale de traînée à 0,745. En même temps, les dispositifs hypersustentateurs n'étaient pas gênés par les extrémités des tuyères et pouvaient être continus tout le long de l'envergure de l'aile.

La maniabilité est également augmentée dans le cas d'un moteur en panne; en effet la distance entre l'axe du fuselage et l'axe de chaque réacteur étant faible, le braquage du gouvernail de direction nécessaire pour contre-balancer le moment de lacet dû à l'action d'un seul moteur n'est pas trop grand et laisse encore à l'avion une bonne gamme de manœuvrabilité, même dans ce cas critique.

Le constructeur annonce d'autre part une diminution du bruit dans la cabine, qui serait due au recul des réacteurs vers l'arrière, et à la réduction des vibrations. Enfin, les réacteurs étant éloignés des réservoirs de combustible situés dans l'aile, le risque d'incendie en cas d'accident est fortement réduit, augmentant ainsi la sécurité. Ces réservoirs contiennent 8 000 l de combustible par demi-aile.

Du point de vue de l'entretien, la facilité d'accès des réacteurs diminue le temps de démontage pour les visites de révision. Celles-ci peuvent ainsi se faire aux aéroports sans immobiliser l'avion trop longtemps, ce qui améliore la rentabilité.

Le train d'atterrissage a pu être dessiné très court du fait de la position basse de l'aile; il est donc d'autant plus facile à escamoter, et son poids est moindre que ceux des appareils de même tonnage. Il est construit par la société Hispano-Suiza

Fig. 1 et 2. — *Le S.E. 210 « Caravelle ».*

Remarquer la finesse de l'aile, la forme particulière des hublots, et la position à l'arrière des deux réacteurs qui apporte de nombreux avantages, au point de vue de l'aérodynamique comme de la construction.

(*Photos S.N.C.A.S.E.*).

et comprend deux demi-trains principaux en bogies à quatre roues, et un atterrisseur avant diabolo.

De nombreux essais de résistance de la structure ont été réalisés, en particulier des essais de fatigue, ce phénomène, qui est la cause des accidents du Comet, étant particulièrement redoutable pour des avions à fuselage pressurisé dont l'altitude de croisière varie aux alentours de 11 000 m. Des épreuves de surcompression et de décompression alternées furent effectuées sur une portion de fuselage comprenant un hublot et une porte de secours. Le nombre des alternances atteignait 40 000 à raison de 60 alternances par heure. L'ensemble de ces opérations correspond à un vieillissement de 30 000 heures de la cellule, ce qui représente une sécurité confortable.

Les performances du « Caravelle » en font un avion sans égal actuellement en Europe. Nous avons déjà vu précédemment que la vitesse maximum correspondait à un nombre de Mach de 0,745. La vitesse de croisière à l'altitude d'utilisation est de 740 km/h. Le nombre de passagers transportés est de 70 en classe standard et de 91 en classe touriste. Enfin, le rayon d'action à pleine charge et avec 9 500 kg de charge utile atteint 4 300 km.

Le « Caravelle », successeur de l'Armagnac à la S.N.C.A. du Sud-Est, devrait permettre aux compagnies françaises de transport aérien de lancer dans les airs du matériel français.

J. Spincourt.

LE CIEL EN OCTOBRE 1955

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison décroît de — 2°59′ à — 13°57′ ; la durée du jour passe de 11^h40^m le 1er, à 9^h56^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′0″,3 ; le 31 = 32′16″,6. — **LUNE** : Phases : P. L. le 1er à 19^h17^m, D. Q. le 8 à 14^h4^m, N. L. le 15 à 19^h32^m, P. Q. le 23 à 23^h4^m, P. L. le 31 à 6^h4^m ; *périgée* le 5 à 11^h, diamètre app. 32′32″ ; *apogée* le 21 à 6^h, diamètre app. 29′30″. Principales conjonctions : avec **Uranus** le 9 à 21^h39^m, à 4°8′ S. ; avec **Jupiter** le 11 à 13^h50^m, à 5°44′ S. ; avec **Mars** le 14 à 10^h, à 6°30′ S. ; avec **Mercure** le 15 à 14^h38^m, à 3°36′ S. ; avec **Neptune** le 16 à 11^h8^m, à 5°54′ S. ; avec **Vénus** le 16 à 23^h39^m, à 4°18′ S. ; avec **Saturne** le 18 à 5^h16^m, à 4°28′ S. Principale occultation : le 5, de κ *Taureau* (mag. 4,4) immersion à 22^h30^m,9, émersion à 23^h12^m,2. — **PLANÈTES** : **Mercure**, dans la *Vierge*, en conjonction inférieure avec le Soleil le 13, est bien visible le matin à la fin du mois, plus grande élongation Ouest le 29 ; **Vénus**, dans la *Vierge*, est invisible ; **Mars**, dans la *Vierge*, est visible le matin, se lève le 16 à 4^h18^m, soit 1^h55^m avant le Soleil ; **Jupiter**, dans le *Lion*, de mieux en mieux visible le matin, se lève le 16 à 1^h, se rapproche de Régulus au N.-W., diamètre pol. app. 31″,6 ; **Saturne**, dans la *Balance*, devient peu visible le soir, se couchant le 16 à 18^h14^m ; **Uranus**, dans le *Cancer*, est visible une grande partie de la nuit, se levant le 18 à 22^h, diamètre app. 3″,8 ; **Neptune**, dans la *Vierge*, est invisible, en conjonction avec le Soleil le 22. — **ÉTOILES VARIABLES** : Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) le 13 à 4^h34^m, le 16 à 1^h41^m, le 18 à 22^h5^m, le 21 à 18^h58^m ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,1) le 3 à 23^h31^m, le 16 à 21^h50^m, le 29 à 20^h10^m ; maxima de δ *Céphée* (3^m,8-4^m,6) le 2 à 16^h34^m, le 8 à 1^h12^m, le 13 à 9^h36^m, le 18 à 18^h43^m, le 24 à 3^h36^m, le 29 à 12^h39^m ; maxima de η *Aigle* (3^m,7-4^m,4) le 6 à 22^h34^m, le 14 à 20^h53^m, le 21 à 7^h12^m, le 28 à 11^h17^m ; maximum de R *Aigle* (5^m,1-12^m,0) le 1er ; de T *Grande Ourse* (6^m,4-13^m,5) le 23. — **ÉTOILE POLAIRE** : Passage supérieur au méridien de Paris : le 8 à $0^h41^m21^s$, le 18 à $0^h2^m6^s$ et $23^h58^m10^s$ (2 passages), le 28 à $23^h18^m53^s$.

Phénomènes intéressants. — Du 10 au 13, lumière cendrée de la Lune, le matin. Observer **Mercure, à l'œil nu à la fin du mois,** avant le lever du Soleil. — **Étoiles filantes : Draconides** ou **Giacobinides à surveiller vers le 9,** radiant ξ **Dragon;** du 16 au 22 **Orionides,** radiant ν **Orion,** météores **rapides** à traînées **persistantes.** Dans les derniers jours du mois, surveiller le rapprochement de **Jupiter** et **Régulus.**

(Heures données en **Temps universel,** tenir compte des modifications introduites par l'heure légale).

L. Tartois.

Amateurs d'ASTRONOMIE, adhérez à la

SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

fondée en 1887 par Camille Flammarion,
reconnue d'utilité publique en 1897

vous recevrez la revue mensuelle ***L'ASTRONOMIE***
vous aurez à votre disposition une importante **Bibliothèque,**
un **Observatoire,** séances mensuelles, cours, conférences, etc.

au Siège Social : **Hôtel des Sociétés Savantes**
28, rue Serpente, PARIS-6e

Permanence, tous les jours non fériés de 14 à 17 h.

Cotisations : **1 500, 1 200** et **2 000 F.** Étudiants : **250 F.**

Spécimen gratuit sur demande.

LES LIVRES NOUVEAUX

La structure de l'univers, par G. J. Whitrow, trad. par G. de Vaucouleurs. 1 vol. 12×19, 253 p. Gallimard, Paris, 1955. Prix : 650 F.

Depuis une quarantaine d'années, il est éclos plus de cosmogonies et de théories sur la structure de l'univers qu'on n'en avait connu auparavant depuis que l'homme s'est posé la question. C'est principalement à la théorie de la Relativité qu'on doit cette floraison. De toutes ces grandioses hypothèses, quelques-unes seulement ont été largement vulgarisées. Dans ce livre, le professeur à l'Imperial College de Londres expose aussi élémentairement qu'il est possible les modèles d'univers les plus typiques et les théories physiques qui les justifient. Aux théories nées de la Relativité s'oppose un autre genre d'hypothèses inauguré par Milne et auquel M. Whitrow a collaboré. Milne considère l'expansion comme le caractère fondamental de l'univers. Il est alors conduit à se servir de deux échelles de temps différentes pour décrire l'évolution du cosmos. Si la durée devient soumise à une relativité, l'écoulement du temps prend du moins un sens défini, qui réjouira les psychologues et résoudra peut-être certains paradoxes.

La Cybernétique, par P. Cossa. 1 vol. 14×22,5, 98 p., 13 fig. Masson, Paris, 1955. Prix : 525 F.

Bien des ouvrages qui ont popularisé la Cybernétique, et même sous des signatures autorisées, sont allés un peu loin dans la comparaison entre les machines et le cerveau humain. Sans nier des analogies instructives, le docteur Cossa met en lumière les différences, bien plus significatives encore. Les machines n'ont évidemment ni faculté d'invention, ni fonction critique, ni surtout capacité d'abstraction, et leur fameuse « mémoire » n'en est même pas une. Tout cela est presque évident, mais il faut remercier l'auteur de nous en faire souvenir, et de nous montrer combien des rapprochements hâtifs sont trompeurs.

Dynamical theory of cristal lattices, par Max Born et Kun Huang. 1 vol. 15,5×24,5, xii-420 p., 28 fig. Oxford University Press, Londres, 1954. Prix, relié : 50 sh.

Étude approfondie de propriétés dynamiques des réseaux cristallins ; les problèmes électroniques ne sont pas abordés. A partir d'une soigneuse énumération des forces susceptibles de s'exercer entre les atomes d'un cristal, l'auteur développe la théorie des vibrations, de l'élasticité et de la stabilité des réseaux. Un traitement statistique montre la liaison entre la distribution en fréquence des modes de vibration et les propriétés thermodynamiques. Une seconde partie reprend ces études du point de vue plus complet de la mécanique quantique. Un soin particulier est apporté à l'interprétation des phénomènes optiques.

Elements of Statistical mechanics, par D. ter Haar. 1 vol. 16×24, xx-468 p., 56 fig. Rinehart and Cie, New-York, 1954. Prix, relié : 8,50 dollars.

La mécanique statistique est la base mathématique d'une branche très importante de la physique moderne. L'ouvrage aborde franchement les difficultés du sujet et expose les calculs correspondants : fonction de répartition de Maxwell-Boltzmann, théorie des « ensembles » de Gibbs, statistiques quantiques de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac. Ces développements sont illustrés par des exemples précis appartenant à des chapitres aussi variés que la

théorie cinétique des gaz, la théorie des métaux et des semi-conducteurs, les réactions nucléaires, l'élasticité. Destiné surtout aux étudiants, ce livre servira tous ceux qui s'intéressent à la physique fondamentale.

Les applications pratiques de la luminescence, par M. Déribéré. 1 vol. 16×25, 404 p., 133 fig. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié : 3 300 F.

L'emploi des phénomènes de luminescence était autrefois à peu près limité à l'analyse. Actuellement, leurs applications se sont singulièrement étendues. Ce furent d'abord la publicité, la décoration, la signalisation et l'art théâtral. Ce furent ensuite les tubes luminescents et les lampes fluorescentes dont le développement rapide a renouvelé la technique de l'éclairage. Puis les dispositifs nouveaux utilisant la stratiluminescence font leur apparition. Enfin, la fluographie apporte de nouveaux procédés de reproduction des documents et de contrôle des états de surface, et les phénomènes de fluorescence visibles dans la lumière du jour renouvellent la publicité. Toutes ces questions sont traitées de manière très complète dans le présent ouvrage. Il y est fait également une bonne place aux écrans d'oscillographes, de télévision et de rayons X et à des phénomènes encore mal connus, comme la thermoluminescence et la triboluminescence.

Mécanique ondulatoire et cinétique chimique. 1 vol. 15,5×24, 204 p., ill. Éditions de la Revue d'Optique théorique et expérimentale, Paris, 1955. Prix : 1 500 F.

Les réunions d'études et de mises au point tenues chaque année sous la présidence de M. Louis de Broglie ont eu pour thème en 1953 la Cinétique chimique dans ses rapports avec la mécanique ondulatoire. Ce sont les mémoires présentés à ce colloque que nous trouvons ici sous les signatures de MM. Magat, Pannetier, Daudel et Chalvet, Audubert, Pullmann, Bénard, Trillat, Prigogine, Haissinski, Prévost et Rumpf, après une préface due à Maurice de Broglie.

Lehrbuch der anorganischen Chemie, par A. F. Holleman et Egon Wiberg. 1 vol. 18×24, xxviii-661 p., 166 fig. Walter de Gruyter, Berlin, 1955. Prix, relié : 28 DM.

Le traité de Chimie minérale de Holleman, qui connaît ainsi sa 35e édition, ce qui mesure son succès, rapporte les faits essentiels qui concernent les principaux composés minéraux (principe des préparations, caractéristiques physiques et propriétés chimiques) en même temps qu'il traite au moment le plus opportun, c'est-à-dire à l'occasion de l'étude de tel ou tel élément, les principales lois de la chimie générale (lois de Le Chatelier, règle des phases, etc.) et les théories les plus modernes (théorie électronique de la valence, structure de l'atome, radioactivité naturelle et provoquée, etc.). Un index de 50 pages facilite la consultation de cet ouvrage qui, au courant des progrès les plus récents de la chimie minérale (étude de la fission nucléaire et des nouveaux éléments découverts) et d'une lecture facile, sera lu avec intérêt par tous ceux qui voudront connaître les bases de la chimie minérale.

La Chimie moderne, par A. Chaplet. 1 vol. 13×20, 237 p., 29 fig., 14 pl. h. t. Hachette, Paris, 1955. Prix : 700 F.

L'auteur donne un tableau vivant des progrès de la chimie organique dans de nombreux domaines : charbon et pétrole, textiles artificiels, plastiques, teintures, adhésifs, médicaments, aromates, parfums, etc. Dans son enthousiasme quelque peu excessif, il nous assure que, grâce à l'industrie chimique de demain, il n'y aura plus besoin de terre pour nous procurer le pain quotidien, et il taxe de puérilité ceux qui s'inquiètent de l'avenir d'une humanité surabondante. Cette imputation de puérilité serait un peu facile à retourner.

A Manual of paper chromatography and paper Electrophoresis, par R. J. Block, E. L. Durrum et G. Zweig. 1 vol. 15,5×24, 484 p., ill. Academic Press, New-York, 1955. Prix : 8 dollars.

Dans ces dernières années, les élégantes techniques d'analyse et de recherche de la chromatographie et de l'électrophorèse sur papier se sont rapidement développées. On trouve ici la théorie et les méthodes qualitatives et quantitatives de la chromatographie sur papier, puis une série de monographies : amino-acides, protéines, stérols, antibiotiques, vitamines, etc., séparations minérales. La deuxième partie est consacrée aux théories et méthodes pratiques de l'électrophorèse. Elle décrit les techniques à deux dimensions, continues et quantitatives, ainsi que les formules de réactifs. L'ouvrage situe ces deux méthodes dans l'état présent et montre leurs immenses possibilités d'avenir, spécialement en biologie. Il est surtout pratique, contient une foule de renseignements, de données numériques et donne une idée des progrès tout récemment accomplis. Une bibliographie générale complète ce riche manuel qui ne manquera pas de stimuler chez ses lecteurs et dans les laboratoires de nouveaux efforts de recherche.

Moteurs, hélices, réacteurs, par J. Soissons. 1 vol. 16×25, 111 p., 44 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix : 1 000 F.

Cet ouvrage, qui reproduit le cours professé par l'auteur à l'École du Personnel navigant d'Essais est avant tout un livre descriptif concernant tout ce qui intéresse les groupes propulseurs Toutefois, l'accent a particulièrement été mis sur les différents paramètres de fonctionnement des moteurs et les méthodes d'essais, ainsi que sur les circuits de graissage et de refroidissement. L'hélice enfin donne lieu à quelques pages à la suite de la partie relative au moteur à pistons. Ne comportant pas de formules mathématiques, sa lecture en est facile, même pour ceux qui ne sont pas initiés à la technique du moteur d'avion.

Tuyères supersoniques à col réglable, par M. Ménard et O. Moson. 1 vol. 18,5×27, 33 p., 37 fig. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, Paris, 1955. Prix : 400 F.

Alors que la construction d'avions rapides s'étend chaque jour, le besoin de soufflerie supersoniques destinées à donner des renseignements sur le vol à grande vitesse se fait davantage sentir. Cet ouvrage expose justement une méthode mise au point en France pour l'établissement des tuyères supersoniques. Ne comportant pas de développements mathématiques, il présente les résultats très convaincants obtenus par les auteurs dans les essais de leurs formes de tuyères. Bien que s'adressant plus spécialement à des techniciens, il peut être lu par tous ceux qui s'intéressent au progrès de l'aérodynamique.

Die technische Elektrolyse der Nichtmetalle, par J. Billiter. 1 vol. 15×23, 401 p., 145 fig. Springer-Verlag, Vienne, 1954. Prix, relié : 16,4 schillings.

Étant donné le développement de l'électrochimie et plus spécialement de l'électrolyse des solutions de chlorure de sodium, il était normal que J. Billiter, spécialiste de cette question et auteur en 1924 d'un traité qui avait connu un grand succès (il avait été traduit en français en 1928), fasse le point de cette branche de l'industrie chimique. On y trouvera la description des cellules à chlore et à soude les plus modernes, soit à diaphragme, soit à mercure, ainsi que le détail d'autres préparations électrolytiques : obtention de l'oxygène et de l'hydrogène, préparation de l'eau lourde, fabrication des composés oxygénés du chlore : chlorates et perchlorates, etc., et l'étude des préparations opérées au départ du chlore. Ouvrage très bien présenté, élégamment illustré.

Zirconium, par Werner Espe. 1 vol. 15×21, 74 p., 14 fig. et 20 tableaux. Winter'sche Verlagshandlung, Fussen (Bavière), 1953.

Le zirconium, considéré il y a seulement quelques années comme métal rare, a déjà trouvé de nombreuses applications industrielles, notamment dans la technique du vide, où il est utilisé comme getter, c'est-à-dire pour absorber les dernières traces de gaz des appareils où l'on a fait le vide. C'est plus spécialement sur cette application qu'a voulu insister l'auteur, puisqu'il y consacre les quarante pages qui constituent la deuxième partie, tandis que nous trouvons exposées dans la première partie la préparation de ce métal, ses principales propriétés physiques et chimiques, ainsi que l'obtention des demi-produits et leurs formes commerciales.

Forages et sondages, par H. Cambefort. 1 vol. 16×24, 396 p., 370 fig. Eyrolles, Paris, 1955. Prix, relié : 3 200 F.

Le développement de la prospection pétrolière, comme l'étude des fondations des ouvrages d'art, ont conduit à la création d'une véritable technique du forage. C'est cette technique que nous expose l'auteur de ce très intéressant ouvrage où il étudie successivement la perforation des roches, les sondages de reconnaissance et l'emploi des forages dans les travaux publics. A une époque où la recherche du pétrole prend en France une extension considérable, on lira avec beaucoup d'intérêt un livre particulièrement bien présenté, qui permettra de mieux comprendre les difficultés rencontrées par les découvreurs de gisements de pétrole.

Les fontes spéciales, par O. Badier et D. Godot. 1 vol. 17×25, 290 p., avec nombreuses figures, planches et tableaux. Eyrolles, Paris, 1953. Prix : 1 820 F.

Le mot « fonte » a longtemps désigné un matériau unique, fondu au cubilot à partir de gueuses et coulé dans des moules afin d'obtenir des pièces de formes aussi parfaites que possible. L'addition de divers éléments aux alliages fer-carbone a permis d'élaborer des fontes dites spéciales ou alliées aux propriétés les plus diverses et offrant par là-même des possibilités très variées. Ces possibilités ne sont pourtant pas toujours bien connues et les auteurs ont eu raison de réunir dans cet ouvrage les données pratiques essentielles concernant l'élaboration et l'emploi des diverses fontes spéciales utilisées jusqu'ici : fontes au nickel, au chrome, au molybdène, à haute teneur en silicium, à l'aluminium, fontes à graphite sphéroïdal, découvertes depuis peu et dont la résistance peut atteindre 80 kg/mm², fontes malléables. Cet ouvrage, bien présenté, contribuera certainement à les faire connaître et à développer leur emploi.

L'industrie du verre ; Monographie de la production française. 1 brochure 16×24, 126 p., éditée par la Fédération des Chambres Syndicales de l'Industrie du Verre, Paris, 1954. Prix : 1 000 F.

On souhaiterait que chaque branche de l'industrie française publie une monographie comparable à celle que nous présente la Fédération des chambres syndicales de l'industrie du verre sur cette industrie. Après une introduction nous révélant le visage de la verrerie française, nous trouvons un exposé succinct des procédés de fabrication et l'indication des statistiques de production récentes, puis une étude de l'organisation de la profession, ainsi que la répartition géographique des verreries. Les chapitres suivants se préoccupent des questions de main-d'œuvre, de l'outillage, des questions des matières premières et de l'énergie, et enfin de la situation de la verrerie française dans le monde, des prix et des marchés.

Pour le céramiste, par P. Renault. 2 vol. 11×16, 280 p., nombreuses illustrations. Dunod, Paris, 1954. Prix : 360 F le vol.

Il s'agit d'une nouvelle édition de l'ouvrage publié dans la collection des manuels professionnels « Pour le ... » beaucoup plus importante que l'édition originale, rédigée en tenant compte des nouveautés et progrès apparus depuis une dizaine d'années et des enseignements de nombreux voyages d'études effectués par l'auteur à l'étranger, notamment aux U.S.A. D'un caractère pratique, l'ouvrage intéressera par sa diversité et l'étendue de sa documentation toutes les branches de la céramique.

Oxford economic Atlas of the World. 1 vol. 19×26, 152 p. de tableaux, 113 p. de cartes en couleurs. Oxford University Press, 1954. Prix, relié : 30 sh.

Sous une forme attrayante, cet ouvrage collectif offre une riche documentation généralement dispersée et peu accessible. Les cartes montrent la répartition des pays producteurs pour chaque produit, les tableaux reprennent le tout en présentant l'économie de chaque pays. Il est possible de se renseigner sur le commerce extérieur du Nicaragua, ou sur la proportion du sol arable aux Seychelles. Les chiffres de 1938 sont complétés par ceux de 1949-1951. Il n'est pas facile de trouver un instrument de travail aussi utile que cet atlas, au demeurant peu encombrant et de prix très honnête. Professeurs et hommes d'affaires gagneront un temps précieux à le posséder.

Probleme und Beispiele biologischer Regelung, par R. Wagner. 1 vol 17×24, 219 p., 38 fig. Georg Thieme, Stuttgart, 1954. Prix, relié : 29,40 DM.

Deux exemples très différents de mécanismes biologiques soumis à une régulation sont analysés : la motricité volontaire et la circulation sanguine. L'auteur esquisse un parallèle avec les moyens dont disposent les techniciens pour obtenir le fonctionnement régulier des ensembles mécaniques, puis dégage les caractéristiques communes aux systèmes régulateurs biologiques, telles qu'elles lui apparaissent à la lumière de très nombreuses expériences qui sont en grande partie son œuvre. L'entretien ou le rétablissement des équilibres qui assurent le fonctionnement optimal des organismes est surtout étudié sous l'aspect d'une interaction réciproque permanente entre les centres régulateurs et les organes soumis à la régulation. Le problème des limites du domaine où s'exercent de semblables régulations est envisagé au niveau des fonctions nerveuses supérieures comme à l'échelle des manifestations élémentaires de la vie.

Montagnes, par Henri Gaussen et Paul Barruel. 1 vol. 22×28, 208 p., avec 64 planches en héliogravure, des dessins et 61 photos en couleurs. Horizons de France, Paris, 1955. Prix, relié : 2 950 F.

M. Henri Gaussen, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, est un botaniste universellement connu, d'une grande originalité de pensée. M. Paul Barruel est un chercheur original, volontiers solitaire, admirable dessinateur, spécialiste des oiseaux mais dont les connaissances sur tout le monde animal sont immenses. On ne pouvait souhaiter meilleure collaboration pour cet ouvrage, le cinquième de la superbe collection « La nature vivante ». Tous les facteurs du climat montagnard, qui règlent la vie en altitude, sont clairement analysés ; ils ont pour résultat que, dans l'ensemble, les plantes se répartissent en étages de végétation, vieille notion qui est déjà dans Humboldt, mais que M. Gaussen précise sur des exemples bien choisis, pour différentes latitudes. Le rôle de l'homme dans ces peuplements végétaux est aussi très bien défini. A l'étage sous-alpin par exemple, la prairie ne pourrait subsister sans une exploitation raisonnable. Trop de bétail y favorise des plantes indésirables ; l'absence de bétail la fait retourner à la forêt, après une succession d'occupations bien connues maintenant. Enfin, les peuplements végétaux de montagne ne peuvent être bien compris que dans le cadre de la Botanique historique. Les caractéristiques des peuplements animaux se laissent moins facilement définir. Beaucoup d'animaux ont trouvé là un refuge précaire contre l'homme. En parlant d'un ouvrage précédent de cette collection, nous regrettions que presque toutes les photos en venaient de l'étranger. MM. Gaussen et Barruel ont au contraire trouvé la plus grande partie de leur illustration auprès de savants et voyageurs français ; et elle est magnifique.

Chercheur d'Orchidées, par Jean Loiseau. 1 vol. 14×22,5, 86 p., 25 planches de dessins. Vigot, Paris, 1953. Prix : 480 F.

Méthode pratique pour la recherche et l'identification des Orchidées sauvages de France, de Belgique et de Suisse. Les dessins sont clairs et exacts, aux variations près qu'on peut observer dans les espèces. La partie générale sur l'anatomie et la biologie des Orchidées est un peu sommaire.

Les Insectes sociaux, par O. W. Richards, trad. par Collin Delavaud. 1 vol. 13×18,5, 230 p., 12 fig., 26 photos hors-texte. Stock, Paris, 1955. Prix : 570 F.

En ces pages très denses, sans morceaux de bravoure ni digression, l'entomologiste britannique a voulu faire le point de ce que la science actuelle, après les tout derniers travaux des spécialistes, a acquis de certain sur la structure des sociétés d'insectes, leur évolution, le déterminisme des castes. Il a développé certains exemples parmi les mieux étudiés et les plus caractéristiques, il a clairement dégagé ce qu'on ignore et qu'il faudrait savoir.

La vie des Poux, par Maurice Mathis. 1 vol. 13×18,5, 176 p., 21 fig., 6 photos hors-texte. Stock, Paris, 1955. Prix : 480 F.

Un petit livre aussi amusant qu'instructif, où le chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Tunis a mis toute sa verve malicieuse en même temps que son savoir de naturaliste hors pair. On apprendra avec lui quantité de choses utiles et curieuses, voire étonnantes, comment on élève les poux sur l'homme, comment on leur inocule le typhus sous la loupe pour préparer un vaccin, quel rôle il convient de leur attribuer dans l'histoire de l'humanité...

Traité des Routes, par J. L. Escario. 1 vol. 16×25, xxviii-1119 p., 816 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix, relié : 7 600 F.

Les éditions en langue espagnole du volumineux traité publié par le professeur à l'École des Ponts et Chaussées de Madrid (directeur du Laboratoire des transports de Madrid) font autorité tant en Amérique latine qu'au delà des Pyrénées. Dans cette traduction pour laquelle l'auteur a revu son œuvre en y ajoutant les nouveautés de la dernière heure, les techniciens français apprécieront la clarté, la précision et l'abondance de la documentation. La diversité des sujets traités est telle qu'on ne peut en rendre compte ici. Cependant, M. Escario a su faire de chaque détail technique un élément du grand problème d'aménagement du territoire posé par l'expansion des transports routiers. Les vieilles routes sont inadaptées au trafic qu'elles ont à supporter et au cours des dix dernières années la technique routière a dû subir une profonde évolution que l'auteur est allé étudier aux États-Unis où elle se fait le plus sentir. Pour diminuer la somme des charges d'établissement, de conservation et d'exploitation de leur voie publique, les États européens devront eux aussi transformer rapidement leur réseau routier. « Et, dans cette évolution forcée, nous dit M. Escario, voir avec ampleur et projeter avec ambition est une exigence minimum de ceux qui ont une conception claire de l'avenir ».

La recherche scientifique du criminel, par Charles Sannié. 1 vol. 11×16,5, 218 p., 21 fig. Armand Colin, Paris, 1954. Prix : 250 F.

Les polices de tous les pays civilisés ont leurs laboratoires ; le public le sait mais n'en a que des vues fragmentaires, acquises au gré de l'actualité. Ce petit livre est donc très utile, et il couvre d'ailleurs un sujet plus général que ne l'indique son titre. Avec l'identification des criminels, bien d'autres problèmes judiciaires requièrent l'intervention du savant. Après un court historique et un exposé général des méthodes, l'ouvrage montre toutes les sciences et techniques qui sont au service de la justice : mathématiques, photographie, physique, chimie, sciences biologiques, en découpent les principaux chapitres. Le souci de rigueur, d'objectivité, d'humanité aussi, dont témoigne cet excellent exposé du directeur de l'Identité judiciaire doit inspirer confiance.

L'Abbé Nollet, par J. Torlais. 1 vol. 14,5×19, 270 p. Sipuco, Paris, 1954. Prix : 800 F.

Autour de la figure du célèbre savant de cour, apprécié des chercheurs et admiré des gens du monde, l'auteur, très documenté, fait revivre avec talent les relations entre la science et la vie publique à cette curieuse et attachante époque que fut le XVIIIe siècle. Le lecteur s'amusera à s'imaginer les femmes du monde s'initiant aux mystères de l'électrostatique dans les cabinets de physique, et sourira des démêlés de notre abbé avec le grand original qu'était Franklin ; il n'en admirera pas moins les progrès rapides de la science au « siècle des lumières ».

Du Mont Saint-Michel à la Côte d'Émeraude, par Paul Wagret. 1 vol. 12×18, 96 p., 3 cartes, 28 photos. Le Centurion, Paris, 1955. Prix : 300 F.

Dans ce petit ouvrage, qu'il faudra avoir en mains en parcourant la France de l'Ouest, notre collaborateur a mis toutes les qualités qu'on lui connaît : sérieux de la documentation, esprit de synthèse qui ne néglige pas le détail caractéristique ou pittoresque, et c'est, dans la pleine acception du terme, une vivante leçon de géographie.

A NOS LECTEURS

LA LIBRAIRIE DUNOD

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

se tient à la disposition des lecteurs de LA NATURE pour leur procurer dans les meilleurs délais **les livres analysés dans cette chronique et,** d'une façon plus générale, tous les livres scientifiques et techniques français et étrangers.

On nous prie d'insérer :

BAISSE SUR LES CLOTURES ÉLECTRIQUES. — Sur l'initiative de la plus importante et de la plus répandue des marques de clôture électrique, « CLOTSEUL », qui seule, peut présenter des appareils fonctionnant avant la guerre de 1939, d'autres marques également très connues et très appréciées, « CLOSELEC » et « LA CHATAIGNE », ont décidé de se grouper sous l'égide de : **La Compagnie Française La Clôture Électrique,** 30, rue Saint-Augustin, Paris (2e), dans le but de diminuer leurs frais de fabrication et de commercialisation.

Le premier résultat de ce regroupement est de permettre une réduction des prix de vente des appareils, « CLOTSEUL », « CLOSELEC » et « LA CHATAIGNE ».

« CLOTSEUL », « CLOSELEC », « LA CHATAIGNE » sont contrôlés depuis cinq ans par le Centre de Propagande et de Vulgarisation de la Clôture Électrique, leurs qualités sont telles que, malgré des milliers de brins d'herbe au contact du fil, ils restent efficaces, alors que la plupart des autres appareils connus sont, dans ce cas, inefficaces.

C'est une heureuse nouvelle pour les éleveurs français qui, de plus en plus nombreux, utilisent la clôture électrique. Les appareils de ces marques ont droit, en plus, à la remise de 15 pour 100 du Génie Rural.

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

A VENDRE : Revue *La Nature*, années 1945 à 1954 inclus. Écrire : Mme JOLIVALD, 62, rue du Placieux, Nancy (M.-et-M.).

Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 3e TRIMESTRE 1955, N° 2736. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 3202. — 9-1955.

CATALOGUE GÉNÉRAL
1955-1956

un volume de 650 pages 14 × 22
contenant environ 2000 titres d'ouvrages techniques et scientifiques et complété par une table des auteurs et une table alphabétique détaillée des matières

DIVISION DU CATALOGUE
en 12 fascicules envoyés gratuitement et franco sur demande

1. Organisation industrielle et commerciale. Finances et comptabilité. Formulaires de mathématiques. Tables et barèmes. Dictionnaires techniques et commerciaux. Assurances.
2. Mathématiques. Mécanique et physique théoriques. Philosophie des sciences. Vulgarisation scientifique.
3. Physique et mécanique industrielles.
4. Automobile. Aéronautique. Navigation.
5. Electricité. Electronique.
6. Chimie. Industries diverses.
7. Métallurgie.
8. Architecture. Urbanisme. Travaux publics. Construction.
9. Hydraulique. Distribution d'eau. Assainissement.
10. Chemins de fer.
11. Géologie. Mines.
12. Agriculture. Elevage.

Les livres d'enseignement sont groupés dans un catalogue spécial envoyé franco aux professeurs qui en font la demande.

Le service de la **Bibliographie des Sciences et de l'Industrie**, donnant huit fois par an la liste des ouvrages techniques nouveaux, est assuré aux clients de la **LIBRAIRIE DUNOD**

92, RUE BONAPARTE DUNOD ÉDITEUR, PARIS-6e

SALON DE L'AUTOMOBILE 1955

LE
" NUMÉRO SPÉCIAL "
DE
LA VIE AUTOMOBILE
REVUE MENSUELLE ILLUSTRÉE

PARAITRA
FIN SEPTEMBRE

RÉDACTEUR EN CHEF : CH. FAROUX

VOUS Y TROUVEREZ
DES ARTICLES DE FONDS TRAITANT DES DERNIERS PERFECTIONNEMENTS ET DES TENDANCES NOUVELLES
LA DESCRIPTION DES PRINCIPAUX CHASSIS EXPOSÉS
DES COMPTES RENDUS D'ESSAIS EFFECTUÉS SUR ROUTE
DES CONSEILS PRATIQUES AUX USAGERS

RETENEZ-LE DÈS MAINTENANT

FRANCE ET U. F. : **250 F** — *ÉTRANGER :* **350 F**

92, RUE BONAPARTE DUNOD ÉDITEUR, PARIS-6e

MASSON ET Cie *ÉDITEURS, PARIS*

TRAITÉ DE PALÉONTOLOGIE

publié sous la direction de

Jean PIVETEAU
Professeur à la Sorbonne

Secrétaire de Rédaction : Colette DECHASEAUX, Maître de Recherches au C.N.R.S.

Vient de paraître : TOME V

La sortie des eaux. Naissance de la Tétrapodie.
L'exubérance de la vie végétative. La conquête de l'air.

AMPHIBIENS. REPTILES. OISEAUX.

Un volume de 1 114 pages, avec 979 figures, 7 planches hors texte. Broché . 12 000 fr
Cartonné toile. 12 800 fr

Tomes parus : I, II, III.

PROSPECTUS DÉTAILLÉ ENVOYÉ SUR DEMANDE

7 raisons

POUR ADOPTER LES TUYAUX en MATIÈRE PLASTIQUE

- Ni oxydation,
- Ni corrosion
- Légers et maniables
- Résistent à la gelée
- Se cintrent aisément
- S'enterrent
- Entretien nul

rigides **Flexodur**

semi-rigides **Semiflex Aduflex**

Multiples utilisations :
Installations sanitaires, Canalisations d'eau, de mazout, d'alcool, de produits chimiques, etc...

*Documentation :

FLEXONE, 87, Rue N. D. des Champs, PARIS - Tél. ODE. 71-33

ÉLECTRIFICATION DU FOND DES MINES

par

C. BIHL
Ingénieur civil des Mines.

Préface de L. CRUSSARD
Ingénieur général des Mines.

608 pages 16 × 25, avec de très nombreuses figures. 1955.
Relié toile : 4 800 F

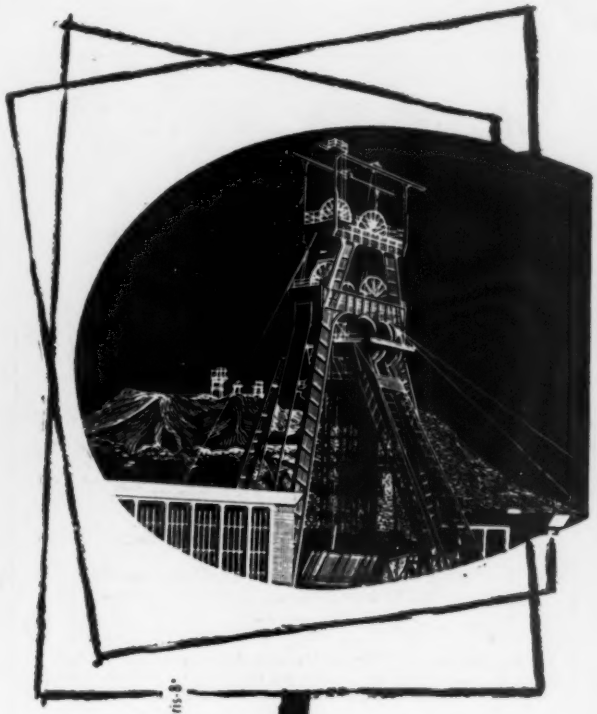
L'électrification, facteur essentiel de la mécanisation. Problèmes de sécurité posés. Technologie des réseaux.

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte
C.C.P. Paris 75-45

DUNOD

Éditeur, Paris-6e.
Tél. : DAN 99-15



Direction commerciale - Service exportations 9, Av. Percier, Paris-8e

L'industrie houillère française

la première d'Europe
par ses nouveaux équipements de
préparation de combustibles

met à votre disposition
ses services techniques
pour résoudre
tous vos problèmes de chauffage

Pub Marin 102

CHARBONNAGES DE FRANCE

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 3e TRIMESTRE 1955, N° 2736. — IMPRIMÉ EN FRANCE.